

14. Programa de Monitoramento da Comunidade Fitoplanctônica e Zooplanctônica	1
14.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
14.1.1. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	1
14.1.2. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA.....	2
14.2. METODOLOGIA.....	3
14.2.1. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	6
14.2.2. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA.....	7
14.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO 1º E 2º SEMESTRE DE 2010	9
14.4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO 1º E 2º SEMESTRE DE 2011	11
14.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
14.5.1. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	14
14.5.2. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA.....	28
14.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
14.7. CRONOGRAMA	48
14.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
14.9. EQUIPE TÉCNICA.....	52
14.10. ANEXOS	52

14. Programa de Monitoramento da Comunidade Fitoplanctônica e Zooplanctônica

14.1. Introdução e Objetivos

14.1.1. Comunidade Fitoplanctônica

Os organismos do fitoplâncton constituem fonte vital de energia como produtores primários e alimento para o ecossistema aquático. Através do processo de fotossíntese, são responsáveis pela fixação de cerca de 50% da fixação do carbono do planeta. Devido à sua importância ecológica e rápido ciclo de vida, são considerados bons indicadores de estresse ambiental.

A composição físico-química do meio é um fator de grande influência sobre a distribuição, reprodução e crescimento do fitoplâncton, podendo promover indesejáveis florações ou limitar certas espécies (Vidotti e Rollemberg, 2004). Estas florações são caracterizadas por um aumento repentino do número de células de uma espécie ou um grupo de espécies.

Os ecossistemas estuarinos são caracterizados por seu ambiente dinâmico, onde a entrada de nutrientes oriundos da descarga de água doce da parte interna dos estuários favorece um ambiente de alta produtividade (Miranda *et al.*, 2002).

Dependendo da época do ano e dos regimes de marés e pluviométricos, os gradientes salinos gerados determinam a composição da flora e a produção primária local, pela substituição das espécies, uma vez que seu crescimento é controlado por fatores como fluxo de correntes, tolerância à salinidade, intensidade de luz, concentração de nutrientes e predação (Ferreira *et al.*, 2005).

Moser *et al.* (2012) concluíram que as mudanças do microfitoplâncton na Baía de Santos não obedecem a padrões sazonais e, sim, a eventos episódicos relacionados principalmente com a direção e velocidade dos ventos, marés e regime pluviométrico. Assim a ocorrência de ventos fortes de Sudeste, como nos casos de entrada de frente fria, aumentaria a energia da baía e da zona de surf, condições estas propícias para o florescimento de *Asterionellopsis glacialis*;

enquanto que ventos fortes de N-NE aumentariam a densidade de *Skeletonema costatum*. Os dinoflagelados, como a exemplo de *Dinophysis acuminata*, seriam favorecidos quando houvesse forte descarga fluvial eutrofizada pela ação antrópica para a baía.

As atividades de dragagem, mesmo que necessárias, causam impacto direto no fitoplâncton, primeiramente pela mudança na circulação hidrodinâmica do estuário e por ressuspensão de sedimentos, cistos e nutrientes do fundo para a coluna de água.

O objetivo deste estudo é comparar as mudanças ocorridas na comunidade fitoplanctônica do estuário de Santos, no período de estudo, e tentar avaliar quais foram os fatores responsáveis.

14.1.2. Comunidade Zooplanctônica

Os organismos zooplanctônicos possuem um papel central na trama trófica de ecossistemas costeiros e estuarinos, como consumidores, presas e competidores, e sua atividade metabólica tem importantes implicações para a ciclagem de compostos orgânicos e inorgânicos na coluna de água. Várias espécies de crustáceos e de peixes utilizam os estuários como zonas de berçário e crescimento e em muitos casos ocorrem no zooplâncton sob a forma de ovos e larvas. Além disto, o recrutamento de muitas espécies de importância econômica depende da disponibilidade adequada de alimento planctônico. Muitas forçantes físicas e químicas atuam sobre o zooplâncton, com reflexos diretos (retenção, advecção, mortalidade) e indiretos (disponibilidade de alimento, predação, competição por espaço ou recursos) sobre a produtividade e a variabilidade espacial e temporal do ecossistema.

Alterações na qualidade ambiental dos sistemas estuarinos podem afetar os organismos zooplanctônicos. Entre os impactos mais importantes estão as mudanças na circulação da água nas áreas de influência de empreendimentos portuários. Alterações na magnitude e nos padrões espaciais e temporais das correntes estuarinas podem afetar o deslocamento passivo e ativo (por migração vertical) do zooplâncton. Estas mudanças na circulação podem gerar impactos

sobre parâmetros físicos e químicos da água, como a salinidade e a turbidez. Caso estes impactos sejam significativos, causam a desestruturação de associações de espécies nas áreas de influência direta e indireta do complexo do porto e, em alguns casos, sua substituição por outras. A atividade portuária pode ainda contribuir para a introdução de contaminantes orgânicos e inorgânicos no ecossistema aquático, com consequências para os processos biogeoquímicos envolvendo o zooplâncton. Não menos relevante é a possibilidade de introdução de espécies exóticas pelo vetor do transporte marítimo, incluindo a água de lastro e a bioincrustação, neste caso de organismos bentônicos que produzem larvas meroplanctônicas.

O objetivo deste estudo é comparar as mudanças ocorridas na comunidade zooplanctônica do estuário de Santos, no período de estudo, e tentar avaliar quais foram os fatores responsáveis.

14.2. Metodologia

A rede amostral do programa em questão é composta por um total de 50 pontos de coleta, sendo 40 pontos (Tabela 14.2-1) coincidentes ao estudo do meio biótico do EIA/RIMA da dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos (FRF, 2008) e 10 pontos (Tabela 14.2-2) adicionais na área dragada (meio do canal), conforme a Figura 14.2-1. Assim, o monitoramento deve ocorrer em toda a área diretamente afetada (ADA) e área de influência direta (AID) da obra de dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, em pontos amostrados coincidentes aos do diagnóstico do meio biótico apresentado no EIA/RIMA (FRF, 2008).

Para a avaliação da Comunidade de fitoplâncton e de zooplâncton, foram realizadas coletas em janeiro (Campanha Prévia - verão) e julho de 2010 (1ª Campanha - inverno), janeiro de 2011 (2ª Campanha – verão) e novembro de 2011 (3ª Campanha - primavera).

Neste relatório são descritos os resultados da Campanha IV e integrados os resultados das cinco campanhas (Campanha Prévia, I, II, III e IV) executadas até o momento.

Tabela 14.2-1. Pontos de amostragem coincidentes com o EIA/RIMA e suas respectivas coordenadas de localização geográfica (Datum WGS 84).

Pontos	Fuso	Leste (E)	Norte (N)	Pontos	Fuso	Leste (E)	Norte (N)
P1	23J	364.243	7.342.570	P21	23K	360.068	7.354.666
P2	23J	364.587	7.343.656	P22	23K	359.927	7.355.545
P3	23K	365.514	7.345.615	P23	23K	366.849	7.355.538
P4	23K	365.053	7.346.057	P24	23K	366.623	7.354.591
P5	23K	368.881	7.346.654	P25	23K	367.152	7.353.981
P6	23K	368.576	7.346.812	P26	23K	368.343	7.354.110
P7	23K	368.827	7.348.443	P27	23K	368.574	7.353.681
P8	23K	368.427	7.348.255	P28	23K	369.992	7.354.387
P9	23K	367.688	7.349.946	P29	23K	373.731	7.343.648
P10	23K	367.306	7.349.713	P30	23K	374.462	7.353.003
P11	23K	366.992	7.352.522	P31	23K	374.374	7.354.463
P12	23K	366.399	7.352.544	P32	23K	375.100	7.354.975
P13	23K	366.405	7.353.183	P33	23K	375.316	7.355.513
P14	23K	365.322	7.353.365	P34	23K	376.040	7.355.110
P15	23K	363.729	7.353.503	P35	23K	357.327	7.353.578
P16	23K	364.385	7.354.524	P36	23K	358.885	7.352.584
P17	23K	363.438	7.354.500	P37	23K	356.412	7.352.200
P18	23K	363.654	7.354.616	P38	23K	354.018	7.352.037
P19	23K	360.677	7.354.199	P39	23K	353.447	7.350.594
P20	23K	361.146	7.354.776	P40	23K	355.805	7.349.602

Tabela 14.2-2. Pontos de amostragem no meio do canal de navegação e suas respectivas coordenadas de localização geográfica (Datum WGS 84).

Pontos	Fuso	Leste (E)	Norte (N)
P1C	23K	366.125	7.345.900
P2C	23K	367.885	7.345.998
P3C	23K	368.802	7.347.911
P4C	23K	368.171	7.348.891
P5C	23K	367.234	7.349.939
P6C	23K	366.810	7.350.953
P7C	23K	366.468	7.352.242
P8C	23K	364.919	7.353.075
P9C	23K	363.317	7.353.943
P10C	23K	361.032	7.354.484

Figura 14.2-1. Localização dos 50 pontos amostrais das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas. Em amarelo os pontos indicados pelo EIA/RIMA (FRF, 2008) e em azul os pontos adicionais na área dragada.

14.2.1. Comunidade Fitoplanctônica

As amostras foram coletadas e imediatamente fixadas com solução de formalina neutralizada com hexametileno tetramina (0,4% concentração final). Para a contagem e identificação dos organismos do fitoplâncton, foram utilizadas câmaras de sedimentação com volume de 10 ml, com 24 horas de sedimentação. Após esse tempo, a cubeta foi levada ao microscópio invertido (Zeiss - axiovert), segundo o método de Uthermöhl (1931a, b). Para as frações do nanoplâncton (< que 20µm), a contagem foi feita em transectos com aumento final de 400X e do microfitoplâncton (> que 20µm) em toda a câmara com aumento final de 200X. Os resultados apresentaram a densidade celular total expressa em cel.l⁻¹. A identificação de dinoflagelados atecados (sem placas de celulose), como exemplo dos Gymnodiniales, foi feita após contagem em lâmina com imersão (1.600X de magnitude) para observar detalhes da estrutura. Para os dinoflagelados com placas de celulose, os indivíduos foram corados e as placas observadas também em 1.600X de magnitude. A identificação foi em nível de espécie quando possível seguindo as literaturas: Bicudo e Menezes (2006); Thomas (1997); Balech *et al.* (1984); Caljon (1983); Elster e Ohle (1983); Dodge (1982). A ordem hierárquica seguiu a classificação no *algaebase* (www.algaebase.org/).

A estrutura da comunidade e a comparação entre os pontos de coleta foram dadas por meio dos cálculos de riqueza, índice de diversidade específica segundo Shannon-Wiener (H') (1948) e equitabilidade (J).

Riqueza (S): A riqueza foi estimada a partir do número de táxons encontrados em cada amostra.

Índice de Diversidade de Shanon (H'):

$$H' = - \sum p_i * \ln p_i, \text{ sendo } p_i = N_i/N \text{ total}$$

Onde:

p_i- Abundância relativa de gêneros/espécies;

N_i- densidade de indivíduos de um dado gênero ou espécie (fitoplâncton);

N total- densidade total de organismos fitoplanctônicos.

Equitabilidade (J): calculada a partir do H' através da seguinte equação:

$$J = H' / \log_2 S$$

J- Equitabilidade

H'- índice de diversidade de Shannon-Weaver;

S- Riqueza específica

Para avaliar a similaridade entre os pontos e os quatro períodos de coleta, foram aplicados os testes ANOSIM e SIMPER com a utilização do PRIMER na matriz de dados (Espécies X Ponto de Coleta), utilizando a matriz de dados de todos os períodos amostrados (verão e inverno de 2010; verão e primavera de 2011).

14.2.2. Comunidade Zooplanctônica

As atividades de coleta foram realizadas utilizando uma rede cônico-cilíndrica, com 40 cm de diâmetro interno, 1,76 m de comprimento e malha de 200 µm. Na boca da rede, foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics), devidamente calibrado, para a estimativa do volume filtrado pela rede durante os arrastos horizontais com duração de 3 minutos cada.

As amostras foram transferidas para frascos apropriados e preservadas em solução salina de formaldeído a 4% tamponada.

O cálculo do volume de água filtrado nos arrastos foi feito de acordo com a seguinte expressão:

$$V = a * n * c$$

Onde:

V = volume de água filtrada pela rede (m³);

a = área da boca da rede (m²);

n = número de rotações do fluxômetro durante o arrasto;

c = taxa de calibração do fluxômetro (rotações por metro).

No laboratório, as amostras de zooplâncton foram fracionadas utilizando um quarteador do tipo Motoda (Motoda, 1959). As alíquotas, com no mínimo 300 organismos (Omori e Ikeda, 1984), foram analisadas sob estereomicroscópio binocular até o nível de gênero ou espécie para os organismos do holoplâncton e em grandes grupos para o meroplâncton. A identificação dos organismos do zooplâncton foi baseada nas seguintes referências: Todd *et al.* (1996), Boltovskoy (1981) e Boltovskoy (1999).

O cálculo do número de indivíduos por metro cúbico de água foi feito dividindo-se o número total de organismos encontrados para cada táxon identificado pelo volume de água filtrado pela rede em cada ponto de coleta.

Os índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson foram calculados para cada ponto de coleta e separadamente para os organismos do holoplâncton e do meroplâncton/ticoplâncton.

O índice de diversidade de Shannon (H') mede o grau de incerteza em se prever a qual espécie pertencerá um indivíduo escolhido ao acaso. Portanto, quanto maior o valor, maior o grau de incerteza e em uma comunidade com somente uma espécie não há dúvidas quanto à qual espécie pertence um indivíduo retirado ao acaso, sendo então $H' = 0$. Em outras palavras, quanto maior o valor deste índice, maior a diversidade. O valor do índice de Shannon aumenta com o aumento do número de espécies e teoricamente pode atingir qualquer valor máximo, mas, na prática, valores maiores do que 5 são raros. A base logarítmica proposta inicialmente é \log_2 por sua relação com a Teoria da Informação (Krebs, 1999).

A obtenção deste índice para os pontos de coleta do presente estudo se deu a partir da seguinte fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i) * (\log_2 p_i)$$

Onde:

H' = índice de diversidade (bits/indivíduo)

s = número de espécies

p_i = proporção da espécie i na amostra

O índice de Simpson indica o grau de dominância existente em uma comunidade. Reflete a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie. Varia de 0 a 1 e quanto mais alto for, maior a probabilidade dos dois indivíduos sorteados serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor a diversidade. É calculado da seguinte maneira:

$$SI = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Onde:

s = número de espécies

p_i = proporção da espécie i na amostra

Para a análise de ordenação não-métrica multidimensional (N-MDS) as matrizes de dados de densidade do zooplâncton para cada campanha foi reduzida para 60 taxa, retirando da análise aqueles que ocorreram em 8% ou menos dos 50 pontos de coleta. Os dados de densidade foram transformados pela raiz quadrada e o índice de similaridade utilizado foi o de Bray-Curtis.

14.3. Atividades desenvolvidas no 1º e 2º semestre de 2010

14.3.1. Comunidade Fitoplanctônica

Foram realizadas coletas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia – verão) e julho de 2010 (1ª Campanha - inverno).

Nas duas campanhas realizadas, o fitoplâncton no sistema estuarino de Santos-Bertioga foi composto por espécies marinhas, estuarinas e de água doce, dominadas pelas frações do nanoplancton (células entre 2µm e 20µm). A distribuição destas espécies foi condicionada pelo regime hidrográfico e sua influência sobre a variação da salinidade. No verão, onde foram observadas maiores pluviosidades, espécies dos gêneros *Desmodesmus spp*, *Monoraphidium*

spp, *Scenedesmus spp*, *Staurastrum spp*, *Aulacoseira* foram bastante comuns e abundantes, sendo encontradas até na entrada do Canal de Santos, contribuindo, assim, para a alta riqueza em 2010.

As informações e resultados detalhados das campanhas de janeiro e julho de 2010 podem ser encontrados nos Relatórios Técnicos Semestrais do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos (Fundespa, 2010a, b).

Os dados comparativos de biomassa, número de táxons, índices de riqueza, diversidade e equitabilidade para as 2 coletas realizadas em 2010 são apresentados na Tabela 14.3.1-1.

Tabela 14.3.1-1. Dados comparativos de biomassa, número de táxons, índices de riqueza, diversidade e equitabilidade do fitoplâncton para as coletas de verão e inverno de 2010.

	Verão 2010	Inverno 2010
Biomassa (cel/l)	1,55 x 10 ⁶ a 22,2 x 10 ⁶	6,29 x 10 ⁵ a 7,94 x 10 ⁶
Táxons	281	244
Riqueza	16 a 62	9,0 a 42,0
Diversidade (bits/ind)	0,6 a 2,0	0,7 a 2,7
Equitabilidade	0,14 a 0,70	0,2 a 0,8

14.3.2. Comunidade Zooplanctônica

Foram realizadas coletas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia – verão) e julho de 2010 (1ª Campanha - inverno).

Os resultados das campanhas indicaram uma comunidade zooplanctônica típica de ambientes estuarinos, dominada por espécies de copépodes marinho-eurihalinas e, secundariamente, por espécies oligohalinas. Várias espécies de copépodes e de cladóceros oligohalinas e de água doce foram detectadas pela primeira vez neste complexo estuarino, com maiores abundâncias na fase de pré-dragagem. As larvas meroplanctônicas, representadas principalmente por náuplios de cirripédios e zoeas de braquiúros, foram mais abundantes no inverno. Estas diferenças sazonais foram representadas quantitativamente nas análises estatísticas executadas com os dados de densidade dos táxons mais frequentes.

Os dados obtidos foram comparáveis com os resultados do EIA-RIMA em relação à abundância total do zooplâncton e à dominância de *Copepoda*, mas houve diferenças em alguns aspectos mais específicos. Entre estes, se destacam as baixas proporções de grupos holo- e meroplanctônicos (exceto *Copepoda*) nas coletas de verão e a presença das espécies de água doce no mesmo período.

As informações e resultados detalhados das campanhas de janeiro e julho de 2010 podem ser encontrados nos relatórios Técnicos Semestrais do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos (Fundespa, 2010a, b).

14.4. Atividades desenvolvidas no 1º e 2º semestre de 2011

14.4.1. Comunidade Fitoplanctônica

Foram realizadas coletas em janeiro de 2011(2ª Campanha – verão) e novembro de 2011 (3ª Campanhas – primavera).

Nas quatro campanhas realizadas entre os anos de 2010 e 2011 (Prévia, I, II III), o fitoplâncton no sistema estuarino de Santos-Bertioga foi composto por espécies marinhas, estuarinas e de água doce, dominadas pelas frações do nanoplancton (células entre 2µm e 20µm). A distribuição destas espécies foi condicionada pelo regime hidrográfico e sua influência sobre a variação da salinidade. Gêneros característicos de ambientes de água doce foram registrados, como *Desmosdemium*, *Scenesdesmus*, *Ankitrodesmus* e *Pediastrum*, em diferentes abundâncias e frequências para cada período. Espécies bentônicas e meroplanctônicas (ticopelágicas) de fitoplâncton foram encontradas na coluna de água, indicando processos de ressuspensão de fundo. Estas observações podem ser resultado da entrada de frentes, provocando maior cisalhamento do vento, ou da maior influência de ventos em áreas mais rasas do canal. Espécies tóxicas ou potencialmente tóxicas de fitoplâncton, como as cianobactérias *Synechocystis*, *Anabaena*, *Cylindropermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardii*, os dinoflagelados *Karenia mikimotoi* e *Alexandrium tamarense* e as diatomáceas do complexo *Pseudonitzschia* foram registradas em todos os períodos.

A estrutura da comunidade do fitoplâncton foi variável em relação aos dois períodos de verão (2010 e 2011). Os índices ecológicos, em conjunto com as análises estatísticas, indicaram que no verão de 2011 o ambiente estava submetido a um estresse maior que no verão de 2010. A equitatividade da maioria das amostras esteve abaixo de 0,5 e a similaridade entre as amostras foi muito baixa.

A entrada de massa d'água proveniente da baía em direção ao interior do estuário, durante a primavera, foi mostrada pela similaridade das amostras. O tempo de residência da massa d'água no interior do estuário, devido às condições de vento para este período, pode ter favorecido ao florescimento de *Chaetoceros socialis*, espécie que foi comum e abundante em todos os pontos de coleta.

A comunidade fitoplanctônica apresentou em termos de diversidade e abundância mudanças sazonais bem marcadas nos períodos de janeiro 2010, julho de 2010 e primavera de 2011. No verão de 2011, a similaridade entre suas amostras foi baixa, possivelmente, por terem sido coletadas logo após o processo de dragagem.

As informações e resultados detalhados das campanhas de janeiro e julho de 2010 e de janeiro e novembro de 2011 podem ser encontrados, respectivamente, nos Relatórios Técnicos Semestrais do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos (Fundespa, 2010a, b; Fundespa, 2011a, b).

Os dados comparativos de biomassa, número de táxons, índices de riqueza, diversidade e equitabilidade para as 4 coletas são apresentados na Tabela 14.4.1-1.

Tabela 14.4.1-1. Dados comparativos de biomassa, número de táxons, índices de riqueza, diversidade e equitabilidade do fitoplâncton para as coletas de verão e inverno de 2010 e verão e primavera de 2011.

	Verão 2010	Inverno 2010	Verão 2011	Primavera 2011
Biomassa (cel/l)	1,55 x 10 ⁶ a 22,2 x 10 ⁶	6,29 x 10 ⁵ a 7,94 x 10 ⁶	2,1 x 10 ⁶ a 4,3 x 10 ⁷	1,4 x 10 ⁶ a 6,2 x 10 ⁷
Táxons	281	244	171	186
Riqueza	16 a 62	9,0 a 42,0	9,0 a 41,0	7 a 44
Diversidade (bits/ind)	0,6 a 2,0	0,7 a 2,7	0,2 a 2,3	0,01 a 0,86
Equitabilidade	0,14 a 0,70	0,2 a 0,8	0,07 a 0,60	0,004 a 0,240

14.4.2. Comunidade Zooplanctônica

Foram realizadas coletas em janeiro de 2011(2ª Campanha – verão) e novembro de 2011 (3ª Campanha – primavera).

As tendências na distribuição espacial dos táxons zooplanctônicos observadas em campanhas anteriores continuam se repetindo nas campanhas de 2011, sugerindo que as variações espaciais observadas são consequências das forças naturais que afetam o ambiente. O sistema estuarino mostra forte influência da intrusão marinha e pouco aporte de organismos de águas interiores, além de um gradiente espacial que favorece a presença de algumas espécies de setores oligo- a mesohalinos, como no caso de espécies de copépodes dos gêneros *Pseudodiaptomus* e *Oithona*. Os resultados indicam a presença de uma comunidade típica do zooplâncton de ambientes estuarinos do sudeste brasileiro, com densidade numérica similar à encontrada em outros estudos desenvolvidos em estuários da região, inclusive em áreas menos impactadas.

É possível que, devido ao aporte marinho no interior do estuário, ocorra uma reposição constante das populações marinho-eurihalinas nas áreas amostradas durante o monitoramento.

As informações e resultados detalhados das campanhas de janeiro e novembro de 2011 podem ser encontrados nos Relatórios Técnicos Semestrais do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos (Fundespa, 2011a, b).

14.5. Resultados e Discussão

A seguir são apresentados os resultados observados ao longo do ano de 2012, referente a 4ª campanha amostral para análise das comunidade fito e zooplactônicas.

14.5.1. Comunidade Fitoplanctônica

4ª Campanha – Maio de 2012

A temperatura na campanha de maio de 2012 variou de 22°C a 24,3°C e, em geral, as variações máximas entre superfície e fundo, raramente foram superiores a 1°C. Quanto a salinidade, os valores estiveram entre 14,5 e 35,3, com variações entre superfície e fundo raramente superiores a 4 unidades. As maiores variações verticais foram observadas nas estações P28 e P29 (7 e 6 unidades, respectivamente). Variações máximas, tanto de temperatura quanto de salinidade, foram observadas ao longo do sistema estuarino e associadas à maré. As maiores temperaturas e salinidades foram observadas na Baía de Santos (BS) e Canal de São Vicente (CSV), e as menores temperaturas nas porções mais internas do sistema estuarino (IE), associadas às menores salinidades e marés vazantes. No Canal de Santos (CS) houve um decréscimo em torno de 1°C desde a BS, associadas também a um pequeno decréscimo de salinidade (Figura 14.5.1-1).

Os canais estuarinos de Santos e São Vicente foram classificados em estudos anteriores (Moser, 2002; Ancona, 2007) como bem misturados; assim como o canal estuarino de Bertioga, o que explica a maior variação ao longo do sistema do que verticalmente.

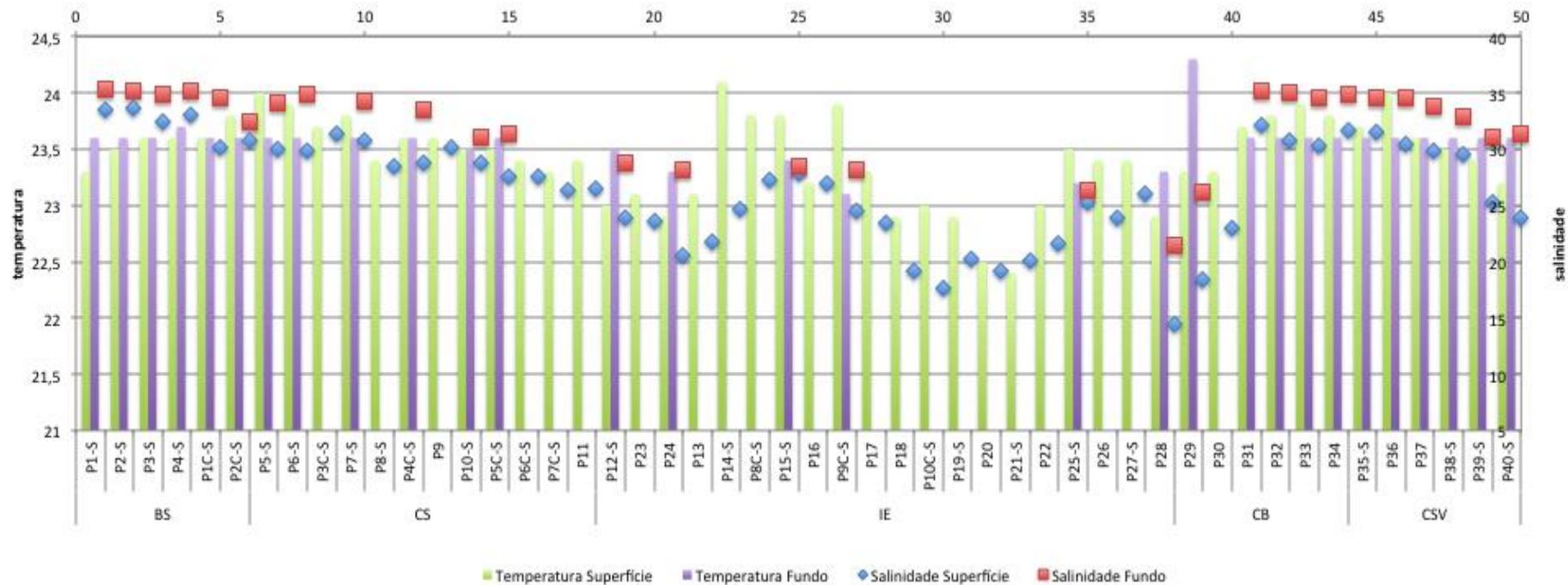


Figura 14.5.1-1. Variação da temperatura e salinidade, junto à superfície e fundo, nas 50 amostras coletadas em maio de 2012, de acordo com o local de coleta (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

Foi identificado um total de 101 espécies pertencentes às classes Bacillariophyceae (diatomáceas, 57 espécies), Dinophyceae (dinoflagelados, 14 espécies), Primnesiophyceae (incluindo cocolitoforídeos, 3 espécies), Cyanophyceae (cianobacterias, 6 espécies), Chlorophyceae (8 espécies), Prasinophyceae (2 espécies), Euglenophyceae (2 espécies), Dictyocophyceae (silicoflagelados, 3 espécies), Ebriophyceae (1 espécie), além de outros 5 táxons. O total geral das contagens e identificação do fitoplâncton nas 50 amostras coletadas em maio de 2012, estão apresentados no Anexo 14.10-1 e na Tabela 14.5.1-1.

A densidade do fitoplâncton para a maioria das amostras foi elevada, com ordens de grandeza variando de 10^7 a 10^8 células por litro (cel/L), semelhante ao observado na campanha de primavera de 2011 (Campanha 3). As maiores densidades foram observadas nas estações P1 e P8 (acima de 2×10^8 cel/L), na Baía de Santos e Canal de Santos, respectivamente. As menores densidades foram registradas na estação P23 (porção interna do sistema estuarino) e nas estações do Canal de Bertioga (Figura 14.5.1-2).

Tabela 14.5.1-1. Táxons de microalgas observadas na campanha de maio de 2012, nas 50 estações amostrais.

Bacillariophyceae	Dinophyceae	Primnesiophyceae
Cêntricas	Penadas	Tecados
<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Asterionellopsis gracialis</i>	<i>Alexandrium</i> sp.
<i>Chaetoceros</i> spp > 20 um	<i>Amphora</i> spp.	<i>Gonyaulax</i> sp.
<i>Chaetoceros</i> spp < 20 um	<i>Cylindrotheca closterium</i>	Peridinium spp
<i>Corethron criophilum</i>	Fragilariaceae / Raphoneidaceae	<i>Prorocentrum compressum/balticum</i>
<i>Cyclotella</i> spp	<i>Navicula cf. delicatula</i>	<i>Prorocentrum</i> spp
<i>Detonula pumila</i>	<i>Navicula/Pleurosigma</i>	<i>Proto-peridinium</i> spp
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Navicula</i> sp1	<i>Scrippsiella trochoidea</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Navicula</i> sp2	Tecados N.I. sp1
<i>Guinardia/Dactyliosolen</i>	<i>Navicula</i> sp3	Tecados N.I.sp2
<i>Hemiaulus sinensis</i>	<i>Navicula</i> sp4	Cistos
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Navicula</i> spp.	Atecados
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	<i>Navicula</i> sp2 < 20 um	Gymnodiniales
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Navicula</i> spp < 20 um	<i>Gymnodinium</i> spp
<i>Leptocylindrus</i> sp.	<i>Nitzschia cf. constricta</i>	Gymnodiniales
<i>Lithodesmium undulatum</i>	<i>Nitzschia</i> spp	Atecado sp 1
<i>Melosira</i>	<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i>	
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Pseudo-nitzschia "seriata"</i>	
<i>Odontella</i> sp.	<i>Pseudo-nitzschia "delicatissima"</i>	
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	
<i>Rhizosolenia cf. pungens</i>	Thalassionemataceae	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Penada N.I. sp1	
<i>Skeletonema cf. costatum</i>	Penada N.I. sp2	
<i>Thalassiosira</i> sp1		
<i>Thalassiosira</i> sp2		
<i>Thalassiosira</i> sp3		
<i>Thalassiosira</i> sp4		
<i>Thalassiosira cf. eccentrica</i>		
<i>Thalassiosira</i> spp		
Cêntrica N.I. sp1		
Cêntrica N.I. sp2		
		Coccolitoforídeos N.I.
		cf <i>Chrysochromulina</i>
		<i>Pymnesium</i> sp.
		Ciliophora
		<i>Myrionecta rubra</i>
		Ciliado N.I.
		Tintinídeo N.I.
		Cianophyceae
		<i>Anabaena</i> spp
		<i>Lyngbya</i>
		<i>Pseudanabaena</i> spp
		<i>Trichodesmium</i> spp
		Cocóides
		Ciano N.I.
		Chlorophyta
		<i>Ankistrodesmus</i> spp
		<i>Coelastrum</i> spp
		<i>Pseudostaurastrum cf. limneticum</i>
		<i>Scenedesmus</i> sp1
		<i>Scenedesmus cf. acutus</i>
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>
		<i>Scenedesmus spinosus</i>
		Clorofita N.I.
		Prasinophyceae
		<i>Tetraselmis</i> spp
		Prasinoficea N.I.
		Euglenophyceae
		Euglena/Eutreptia spp
		Euglenoficea tipo1
		Silicoflagelados
		<i>Dictyocha cf. crux</i>
		<i>Dictyocha</i> sp.
		<i>Octactis octonaria</i>
		Ebriophyceae
		<i>Ebria tripartita</i>
		Outros
		Flagelado tipo 1
		Flagelado >20

Considerando as densidades de organismos microfítotoplânctônicos e nanofítotoplânctônicos, sem considerar a densidade de flagelados entre 2 e 20 µm, os maiores valores foram observadas nas estações P20 e P21 (Figura 14.5.1-3), porção interna do sistema- Largo do Canéu, associados à salinidades relativamente baixas (em torno de 20). Nestas estações houve aumento da densidade de fitoflagelados > 20 µm e clorófitas (Figura 14.5.1-4).

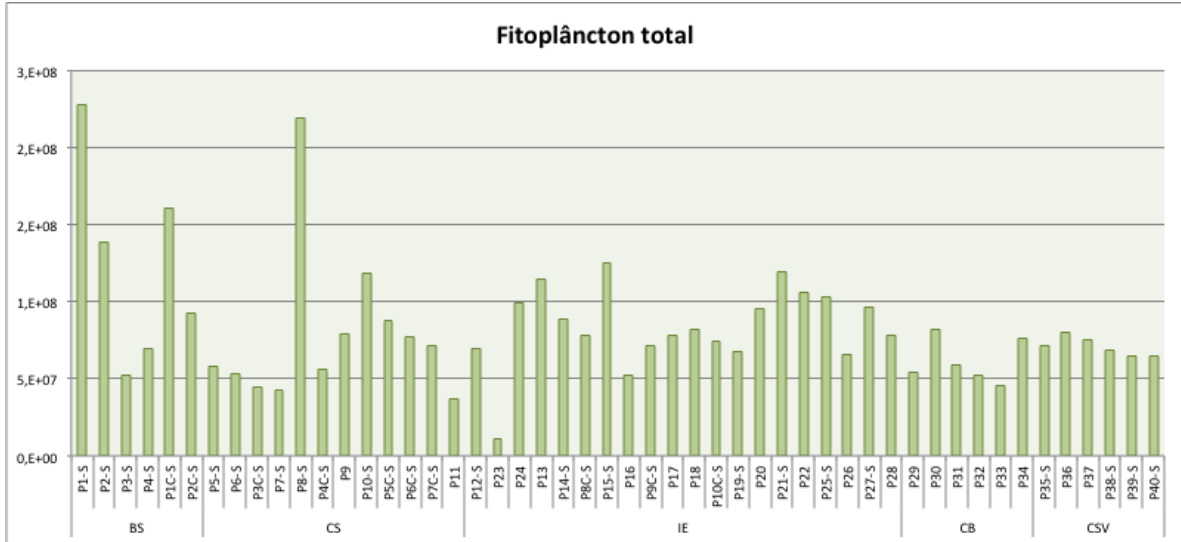


Figura 14.5.1-2. Densidade de organismos fitoplanctônicos (cel/L) na campanha de maio de 2012, ao longo das 50 estações amostrais (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

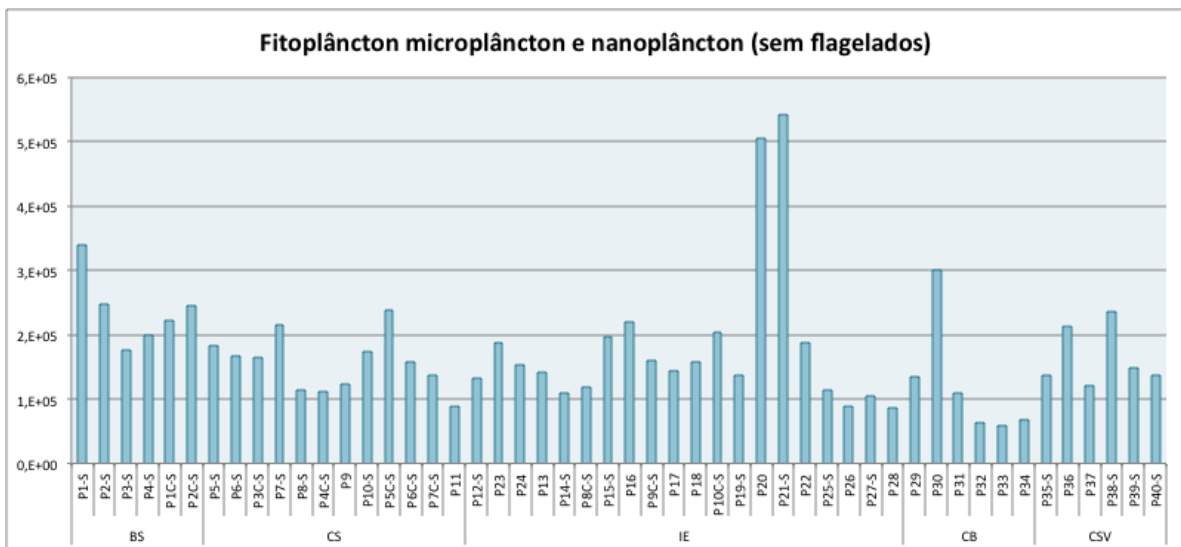


Figura 14.5.1-3. Densidade de organismos fitoplanctônicos (cel/L), sem considerar fitoflagelados, na campanha de maio de 2012, ao longo das 50 estações amostrais (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

Como observado nas demais campanhas, quanto às classes de tamanho, houve predominância de organismos nanoplanctônicos (células entre 2 µm e 20 µm). Os fitoflagelados predominaram em todas as estações, enquanto os demais organismos nanoplanctônicos representaram mais de 60% do fitoplâncton em algumas estações internas (P17, P10C, P20 e P21- estações com menores salinidades localizadas no Largo do Canéu- IE) e no canal de São Vicente (P38 e P39) (Figura 14.5.1-4). No Canal de Bertioga e em algumas estações da porção interna do estuário (IE) houve aumento na contribuição do microfitoplâncton (Figura 14.5.1-4).

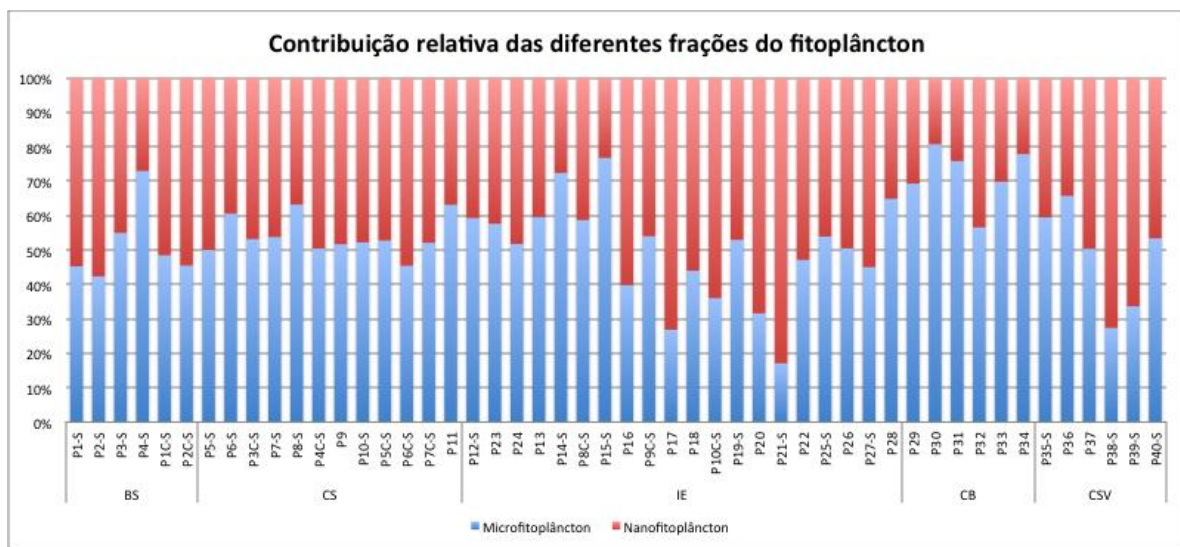


Figura 14.5.1-4. Contribuição relativa do microfitoplâncton e nanofitoplâncton (%) para o total de organismos fitoplanctônicos, sem considerar fitoflagelados, na campanha de Maio 2012, ao longo das 50 estações amostrais (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

No nanoplâncton, em geral, Bacillariophyceae foi a classe mais importante graças aos gêneros de *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Thalassiosira* e *Navicula* (densidade da ordem de 10^3 a 10^4 cel/L), constituindo de 5% a 80% da comunidade nanofitoplanctônica nas estações de coleta. As maiores representatividades (acima de 60%) foram observadas em estações da porção mais interna do sistema estuarino (P15, P16, P17, P18, P9C, P26, P28- porção central), no Canal de Bertioga (P29, P33) e no Canal de São Vicente (P37 e P40). As menores contribuições foram observadas em estações na porção interna do

sistema estuarino (P10C, P19, P20 e P21, P22- Largo do Canéu), nas quais a contribuição de cianobactérias filamentosas da Ordem Oscillatoriales (Cianobactéria não identificadas) esteve entre 60 e 90%; e nas estações P38 e P39, do Canal de São Vicente, nas quais os dinoflagelados do gênero *Alexandrium* e da Ordem Gymnodiniales foram abundantes (Figura 14.5.1-5).

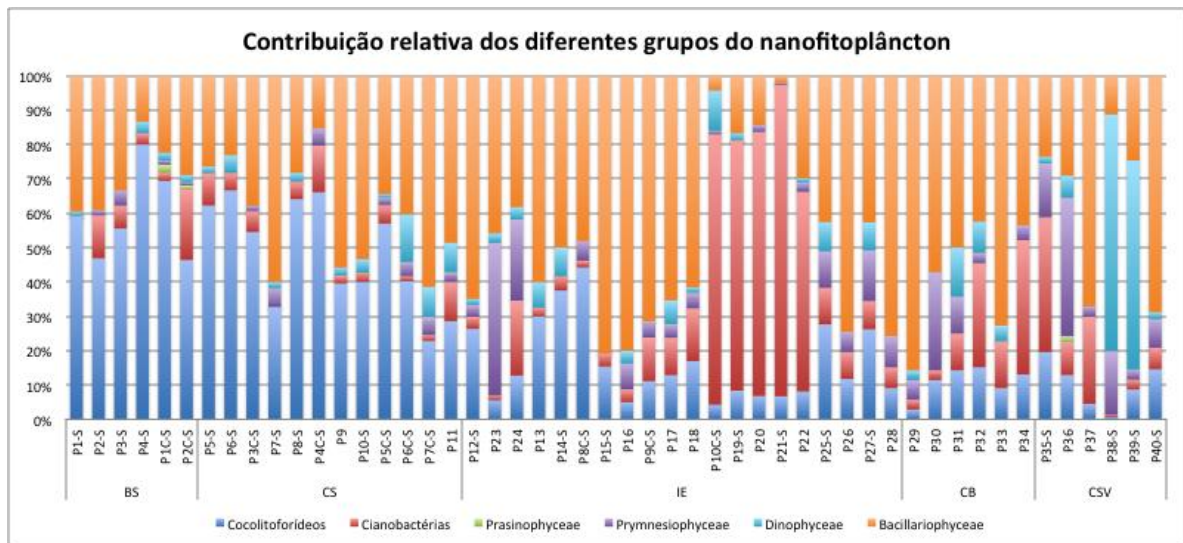


Figura 14.5.1-5. Contribuição relativa dos grandes grupos nanofitoplanctônicos (%), na campanha de Maio 2012, ao longo das 50 estações amostrais (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

No microfitoplâncton as classes Bacillariophyceae, Dinophyceae e os fitoflagelados foram os táxons mais representativos em todo o sistema estuarino, compondo até 95% desta fração (Figura 14.5.1-6). Nas estações com predomínio de diatomáceas microplanctônicas, a representatividade dos dinoflagelados foi menor, provavelmente devido à competição entre estes organismos, com taxas distintas de crescimento e incorporação de nutrientes (Reynolds e Smayda, 1998; Cullen e McIntyre, 1998; Boyd *et al.*, 2010). Os gêneros mais representativos de diatomáceas foram: *Thalassiosira*, *Leptocylindrus*, *Pseudo-Nitzschia*, *Thalassionema* e diatomáceas cêntricas não formadoras de cadeia (não identificadas). Na Baía de Santos, a contribuição das diatomáceas variou de 50% a 70%, com contribuição de espécies dos complexos *Pseudo-Nitzschia seriata* e *Pseudo-Nitzschia delicatissima* (da ordem de 10^4 cel/L), potencialmente nocivas.

No Canal de Santos a contribuição de diatomáceas foi superior a 30%, com máximos nas estações P9 e P6C, com maior representatividade de diatomáceas do Complexo *Pseudo-Nitzschia delicatissima*, e do gênero *Thalassionema* (da ordem de 10^4 cel/L). Entretanto, os dinoflagelados foram mais representativos (contribuições superiores a 50%) nas estações P5 a P8 e P4C, com maior abundância de dinoflagelados da Ordem Gymnodiniales. Na estação P30, Canal de Bertioga, a contribuição de euglenófitas foi de 70%, chegando a 10^5 cel/L, o que não foi observado nas demais estações, provavelmente por se tratar de uma estação deslocada para um tributário do canal estuarino principal.

Nas estações mais internas do sistema estuarino, com menores valores de salinidade (Largo do Canéu), as contribuições de flagelados e clorófitas foram superiores às observadas nas outras estações. Nas estações com salinidades inferiores a 20, foram observados gêneros indicadores de águas menos salinas como *Scenedesmus* e *Ankistrodesmus*, entre outros. Na estação P28, com maior estratificação halina, houve predomínio (55%) de dinoflagelados da ordem Gymnodiniales.

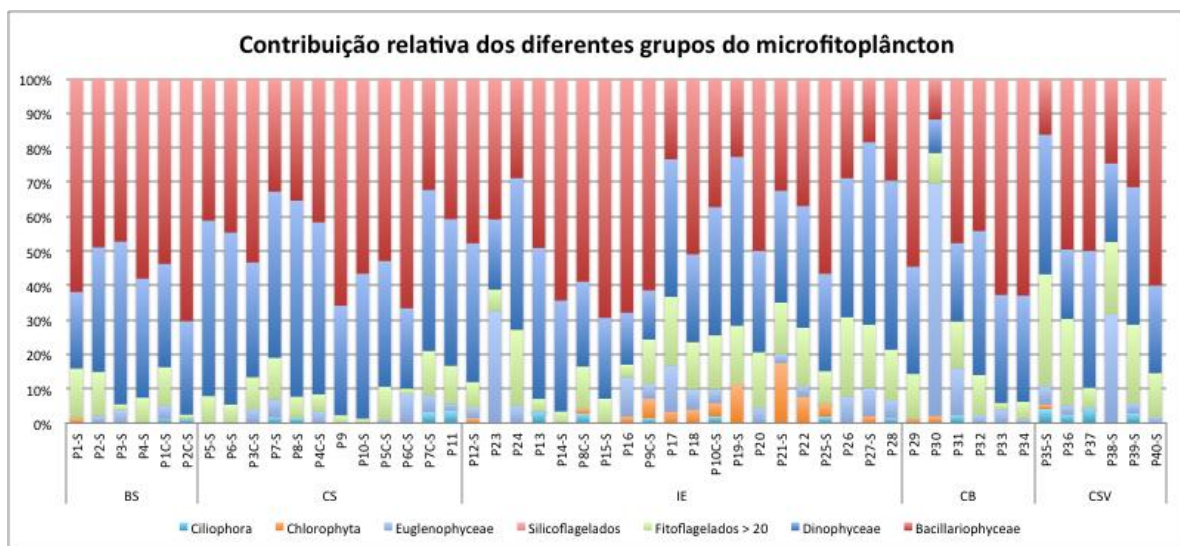


Figura 14.5.1-6. Contribuição relativa dos grandes grupos microfitoplanctônicos (%), na campanha de Maio 2012, ao longo das 50 estações amostrais (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

A riqueza específica apresentou valores mais elevados nas amostras da Baía de Santos (BS), interior do estuário (IE) e Canal de São Vicente (CSV) (27 a 30 espécies) diminuindo em direção às estações P27, P28 e P29, também no interior do sistema estuarino (15 espécies) (Figura 14.5.1-7).

Os valores de diversidade (H') nas amostras da campanha de maio de 2012 estiveram todos entre 1,5 e 3 bit/ind, valores semelhantes aos relatados em estudos anteriores para este sistema estuarino (Frazão, 2001; Ancona, 2007). A maior diversidade foi de 3 bits/ind no ponto de coleta P36 (Canal de São Vicente), e os menores valores foram registrados nas estações P21 (IE) e P38 (CSV) (Figura 14.5.1-7).

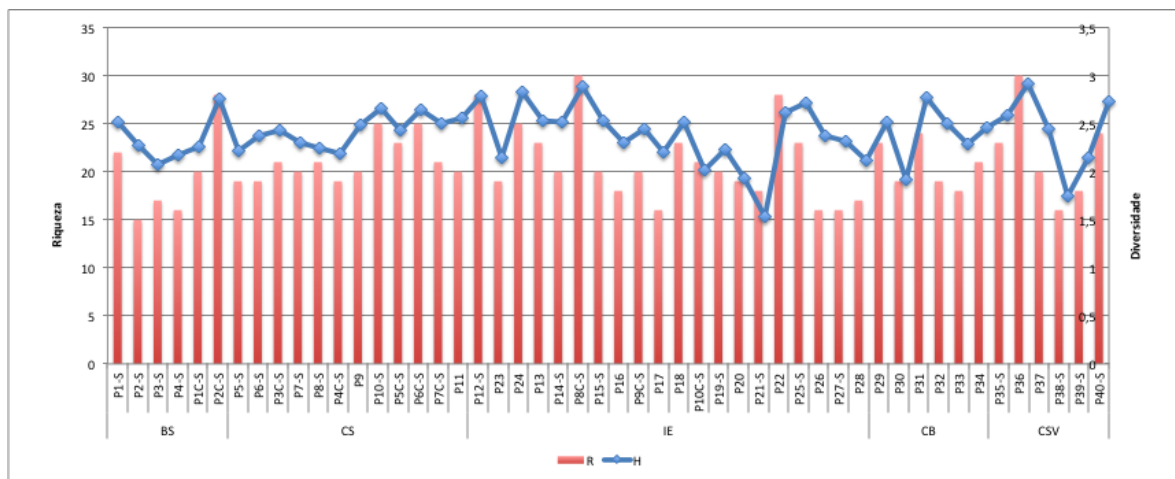


Figura 14.5.1-7. Riqueza específica e diversidade, na campanha de Maio 2012, ao longo das 50 estações amostrais (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

A equitatividade (J) apresentou valores entre 0,5 e 0,87, também semelhantes aos observados em outros estudos realizados no sistema (Frazão, 2001; Ancona, 2007). A estação P21 (IE), Largo do Canéu, apresentou o menor valor de equitatividade, associada à dominância de cianobactérias filamentosas da Ordem Oscillatoriales não identificadas (Figura 14.5.1-8).

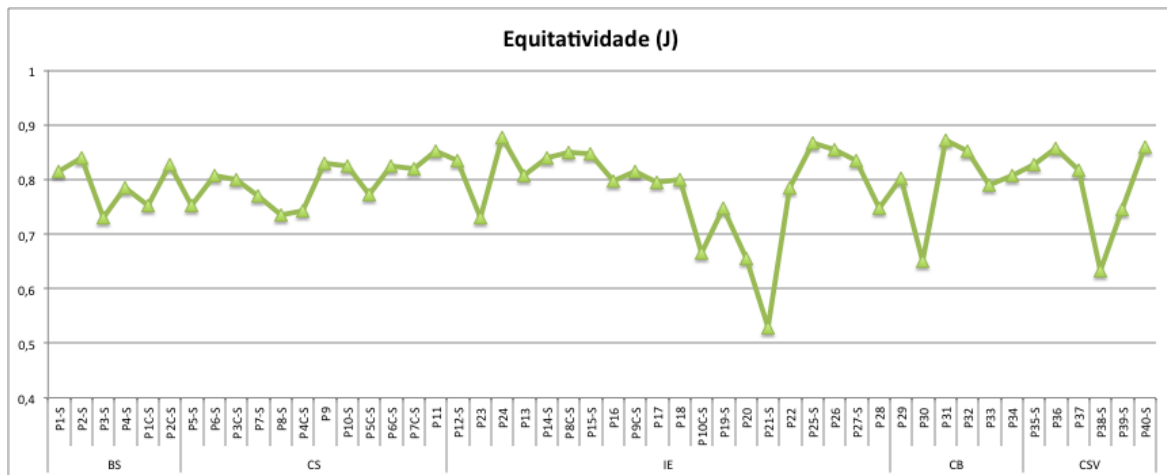


Figura 14.5.1-8. Equitatividade, na campanha de Maio 2012, ao longo das 50 estações amostrais (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

Análises estatísticas

A análise de agrupamento aplicada a matriz completa de espécies observadas nas 50 estações individualizou os seguintes grupos (Figura 14.5.1-9): Grupo 1- Estações internas e Canal de São Vicente- maioria próximas ao Rio Casqueiro; Grupo 2- Estações internas (Largo do Canéu) e uma estação do Canal de Bertioga (CB), associadas ao aumento de clorófitas e cianobactérias na maioria, com menores salinidades; Grupo 3- Maioria das estações localizadas no Canal de Bertioga, nas proximidades do Largo do Candinho, e a estação P40 em São Vicente, localizada na área com maior influência marinha; Grupo 4- Maioria das estações localizadas na Baía de Santos (BS) e Canal de Santos (CS), com maiores contribuições de cocolitoforídeos e águas mais salinas. Esta distribuição das espécies nas estações esteve associada à maior influência de águas salinas (BS e CS)- Grupo 4, contrapondo estações internas sob maior influência de águas interiores (Grupo 2- Largo do Canéu). As demais estações, sob a influência de águas salobras e com características de zonas de mistura do sistema estuarino (Grupos 1 e 3), apresentaram maior contribuição de dinoflagelados tecados e atecados nanoplânctônicos, diatomáceas penadas, ciliados e euglenófitas, este último táxon, notadamente associado às águas do Canal de Bertioga (Grupo 3).

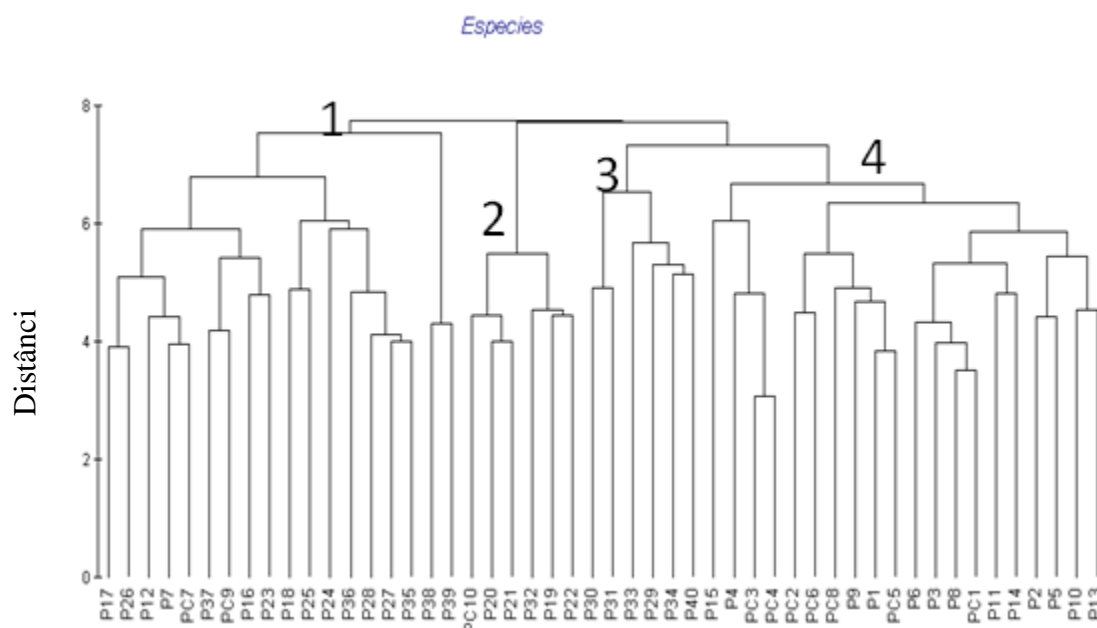


Figura 14.5.1-9. Análise de agrupamento, matriz de espécies (variáveis) x estações (amostras) na campanha de Maio 2012, considerando as 50 estações amostrais (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

O teste ANOSIM aplicado para a campanha de maio de 2012, considerando os grupos individualizados pela análise de agrupamento, apontou diferença estatística entre estes grupos, com valor de R global igual a 0,52 e nível de significância de 0,1% ($p=0,001$) (Tabela 14.5.1-2). O teste possui valores entre (-1) (0) (+1). Quando o resultado é zero as amostras são iguais; (1) diferentes e (-1) a diferença encontrada entre as estações do mesmo grupo ou local são maiores que a diferença entre os grupos ou locais.

Os resultados mostram que o que foi anteriormente discutido para a análise de agrupamento é significativo, ou seja, os 4 grupos diferem e há a ocorrência de 4 comunidades fitoplanctônicas distribuídas de acordo com um gradiente horizontal de salinidade (zona de rio, zona de mistura- com 2 comunidades sob distintas influências-Canal de Bertioga e Canal de São Vicente-estações internas, e zona costeira- Baía de Santos e Canal de Santos- influenciado pelas águas da BS).

Tabela 14.5.1-2. Resultado do teste ANOSIM, com valores de R para a campanha de Maio-2012, grupos individualizados pela análise de agrupamento.

<i>Global Test</i>						
Sample statistic (Global R): 0.52						
Significance level of sample statistic: 0.1%						
Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)						
Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0						
<i>Pairwise Tests</i>						
Groups	R	Significance	Possible	Actual	Number	>=
	Statistic	Level %	Permutations	Permutations	Observed	
4, 1	0.458	0.1	Too Many	999		0
4, 2	0.814	0.1	177100	999		0
4, 3	0.799	0.1	177100	999		0
1, 2	0.256	1.1	177100	999		10
1, 3	0.402	0.1	177100	999		0
2, 3	0.639	0.2	462	462		1

O mesmo teste, ANOSIM, foi aplicado para testar as diferenças entre as distintas regiões de coleta. Neste caso, o R global foi menor (0,26), com diferenças não significativas entre os vários locais (Tabela 14.5.1-3). As estações localizadas na Baía de Santos e Canal de Santos não diferiram entre si (R=0).

Tabela 14.5.1-3. Resultado do teste ANOSIM, com valores de R para a campanha de Maio-2012, grupos individualizados pela localização no sistema estuarino (BS- Baía de Santos, CS- Canal de Santos, IE- interior do estuário, CB- Canal de Bertioga, CSV- Canal de São Vicente).

<i>Global Test</i>						
Sample statistic (Global R): 0.26						
Significance level of sample statistic: 0.1%						
Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)						
Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0						
<i>Pairwise Tests</i>						
Groups	R	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed	
BS, CS	0.000	55.9	18564	999	558	
BS, IE	0.168	4.6	230230	999	45	
BS, CB	0.535	0.2	462	462	1	
BS, CVS	0.619	0.2	462	462	1	
CS, IE	0.149	1.9	225792840	999	18	
CS, CB	0.742	0.1	18564	999	0	
CS, CVS	0.748	0.1	18564	999	0	
IE, CB	0.288	0.8	230230	999	7	
IE, CVS	0.157	9.	230230	999	89	
CB, CVS	0.265	1.1	462	462	5	

O resultado do N-MDS (Figura 14.5.1-10) mostrou claramente a diferença entre os grupos individualizados pela análise de agrupamento, que coincidem com um gradiente de distintas influências de águas mais salinas ou menos salinas no sistema estuarino. Os grupos 2 (azul claro) e 4 (verde) com maiores diferenças da comunidade fitoplanctônica, ditadas por um gradiente de salinidade e grupos 1 (azul escuro) e 3 (vermelho) mais característicos de zonas de mistura.

A análise N-MDS aplicada considerando como fator os locais de coleta IE, CB, BS, CS e CSV (Figura 14.5.1-11), aponta a similaridade entre a comunidade encontrada na Baía de Santos- BS (verde) e Canal de Santos- CS (azul escuro) (canal dragado, maiores profundidades e maior influência de águas da BS). As maiores diferenças observadas no Canal de Bertioga (vermelho) (maior parte das estações individualizadas no grupo 3), e a semelhança entre estações da porção interna do estuário (IE) (azul claro) e estações localizadas nas proximidades do

Rio Casqueiro no Canal de São Vicente (CSV) (fúcsia), também são evidenciadas através desta análise.

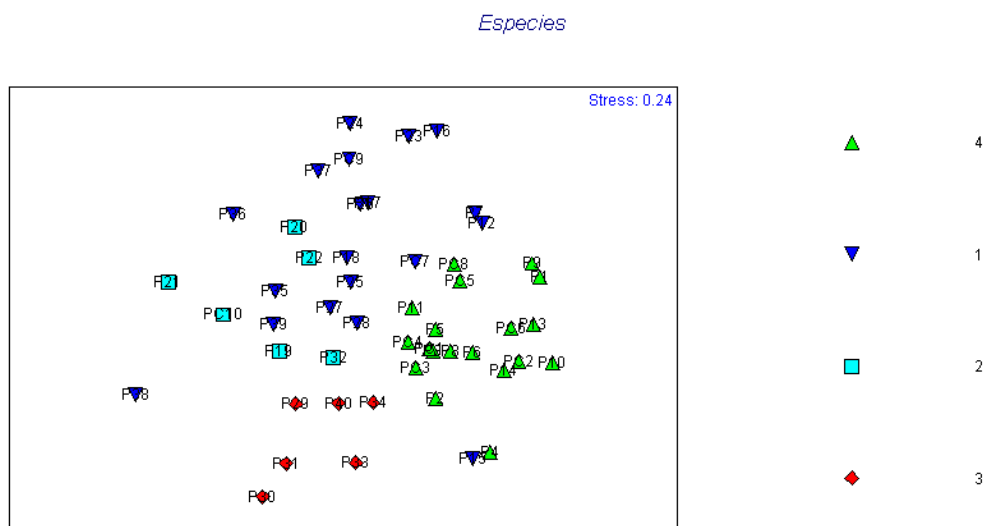


Figura 14.5.1-10. N-MDS. Similaridade Bray Curtis. Amostras coletadas na campanha de Maio 2012, individualizadas de acordo com a análise de agrupamento: Grupo 1 (azul escuro), Grupo 2 (azul claro), Grupo 3 (vermelho) e grupo 4 (verde).

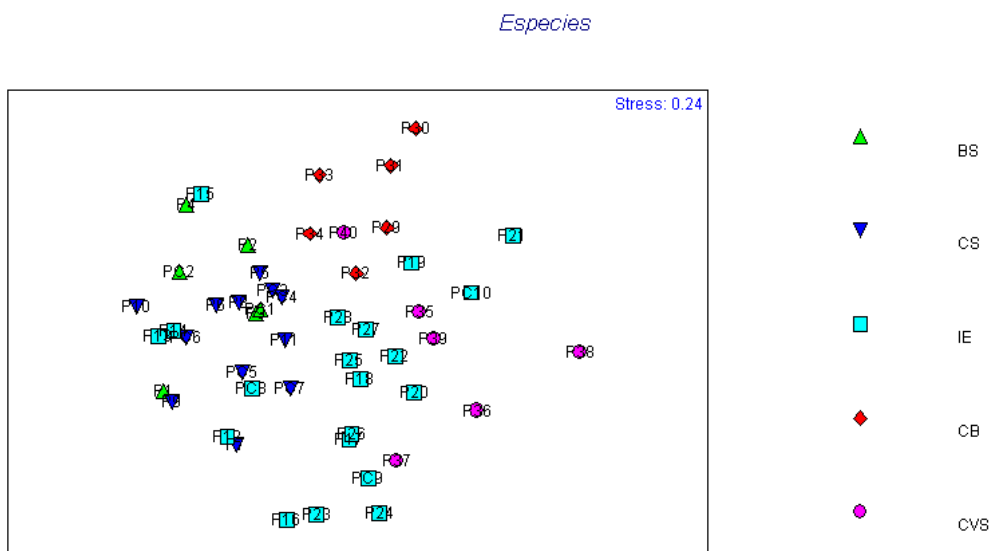


Figura 14.5.1-11. N-MDS. Similaridade Bray Curtis. Amostras coletadas na campanha de maio 2012, individualizadas de acordo com a área coletada: Baía de Santos- BS (verde), Canal de Santos- CS (azul escuro), Canal de Bertioga- CB (vermelho), estações da porção interna do estuário- IE (azul claro) e estações do Canal de São Vicente- CSV (fúcsia).

14.5.2. Comunidade Zooplanctônica

4ª Campanha – Maio de 2012

Os grupos zooplanctônicos detectados nas amostras do sistema estuarino de Santos-Bertioga durante a campanha de maio de 2012 estão listados na Tabela 14.5.2-1. As identificações, realizadas até o nível de espécie para a maioria dos grupos holoplanctônicos, como Copepoda, Cladocera, Appendicularia e Chaetognatha, indicam que a composição taxonômica do zooplâncton nas áreas estudadas é similar a outros estuários do sudeste-sul do Brasil, como a baía de Paranaguá e o complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (Neumann-Leitão, 1994/95; Brandini *et al.*, 1997). Nesta campanha, foram encontradas apenas espécies tipicamente estuarinas e marinho-eurihalinas, incluindo aquelas indicadoras de intrusão marinha, já observada em campanhas anteriores.

Tabela 14.5.2-1. Lista de táxons zooplancctônicos no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de maio de 2012.

Filo Foraminifera	Família Centropagidae
Reino Animalia	<i>Centropages furcatus</i>
Filo Cnidaria	Família Pseudodiaptomidae
Classe Hydrozoa	<i>Pseudodiaptomus spp</i>
Hidromedusa	<i>Pseudodiaptomus acutus</i>
Ordem Siphonophorae	Família Temoridae
Filo Annelida	<i>Temora stylifera</i>
Classe Polychaeta (larvas)	<i>Temora turbinata</i>
Filo Mollusca	Família Acartiidae
Classe Gastropoda (larvas)	<i>Acartia tonsa</i>
Classe Bivalvia	<i>Acartia lilljeborgi</i>
Filo Arthropoda	Ordem Harpacticoida
Subfilo Crustacea	Família Euterpinidae
Classe Malacostraca	<i>Euterpina acutifrons</i>
Ordem Amphipoda	Ordem Cyclopoida
Subordem Gammaridea	Família Oithonidae
Ordem Decapoda	<i>Oithona spp.</i>
Infraordem Brachyura	<i>Oithona plumifera</i>
Família Porcellanidae (larvas)	<i>Oithona simplex</i>
Classe Branchiopoda	<i>Oithona hebes</i>
Ordem Diplostraca	<i>Oithona oswaldocruzi</i>
Subordem Cladocera	<i>Oithona oculata</i>
Família Podonidae	Ordem Poecilostomatoida
<i>Pseudevadne tergestina</i>	Família Corycaeidae
Classe Maxillopoda	<i>Corycaeus spp</i>
Subclasse Copepoda	<i>Corycaeus speciosus</i>
Ordem Calanoida	<i>Corycaeus giesbrechti</i>
Família Paracalanidae	Família Oncaeidae
Copepoditos	<i>Oncaea spp.</i>
<i>Parvocalanus crassirostris</i>	<i>Oncaea waldemari</i>
<i>Paracalanus quasimodo</i>	Família Clausidiidae
<i>Paracalanus aculeatus</i>	<i>Hemicyclops thalassius</i>
<i>Paracalanus spp.</i>	Subclasse Thecostraca
<i>Bestiolina spp.</i>	Infraclasse Cirripedia
Família Clausocalanidae	(náuplios e larvas cypris)
<i>Clausocalanus furcatus</i>	Filo Chaetognata
Família Eucalanidae	Classe Sagitoida
<i>Subeucalanus pileatus</i>	Ordem Aphragmophora
Família Calocalanidae	
<i>Calocalanus sp.</i>	

Tabela 14.5.2-1 (continuação). Lista de táxons zooplanctônicos no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de maio de 2012.

Família Sagittidae
<i>Flaccisagitta enflata</i>
<i>Parasagitta tenuis</i>
Filo Echinodermata
Echinoidea (larvas Pluteus)
Subfilo Tunicata
Classe Larvacea
Ordem Copelata
Família Oikopleuridae
<i>Oikopleura</i> spp.
<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i>
<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i>
Filo Chordata
Subfilo Vertebrata
Superclasse Pisces (larvas e ovos)

Os índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o zooplâncton variaram de acordo com o gradiente espacial estuarino. Os valores mais altos do índice de Shannon ocorreram nos setores externos do canal de navegação, diminuindo gradativamente em direção aos pontos mais internos, e a tendência oposta foi observada para o índice de Simpson (Figuras 14.5.2-2 a 14.5.2-5). Este resultado retrata a maior influência da intrusão marinha ao longo do canal dragado, em oposição aos setores mais rasos e internos do estuário.

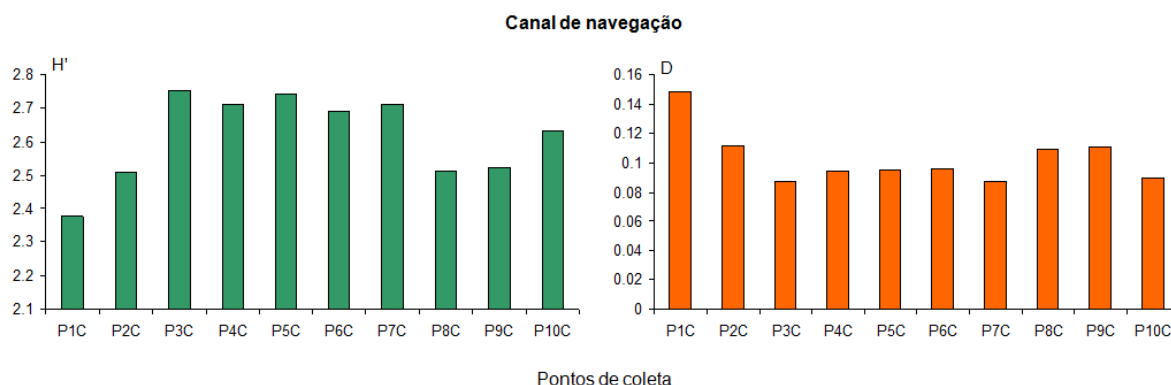


Figura 14.5.2-2. Valores dos índices de diversidade de Shannon (H') e de dominância de Simpson (D) para o zooplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de navegação em maio de 2012.

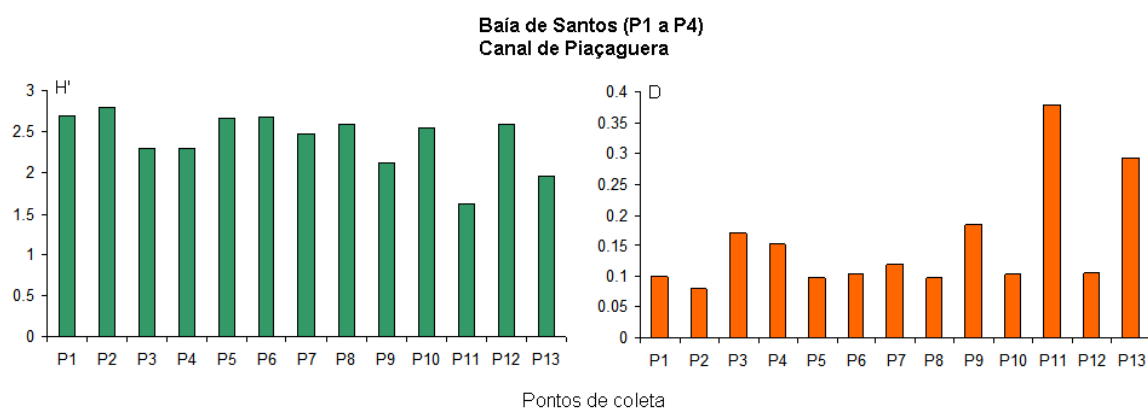


Figura 14.5.2-3. Valores dos índices de diversidade de Shannon (H') e de dominância de Simpson (D) para o zooplâncton encontrado nos pontos de coleta na Baía de Santos e no Canal de Piaçaguera em maio de 2012.

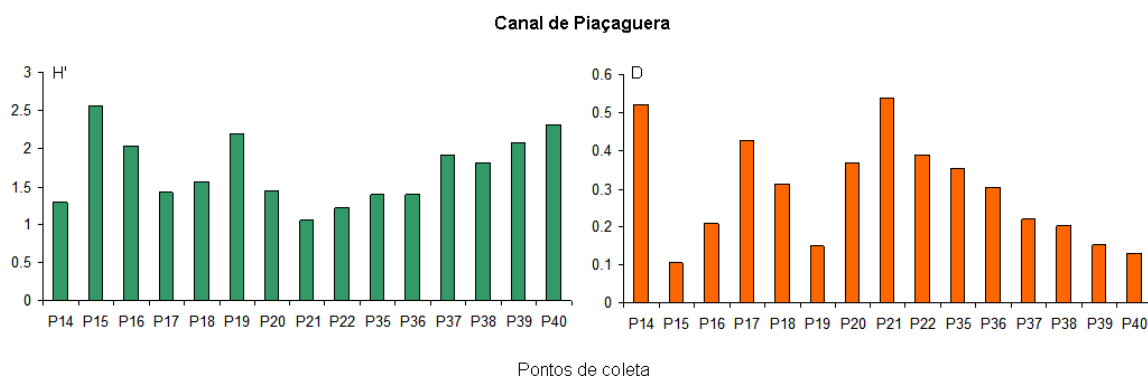


Figura 14.5.2-4. Valores dos índices de diversidade de Shannon (H') e de dominância de Simpson para (D) o zooplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de Piaçaguera em maio de 2012.

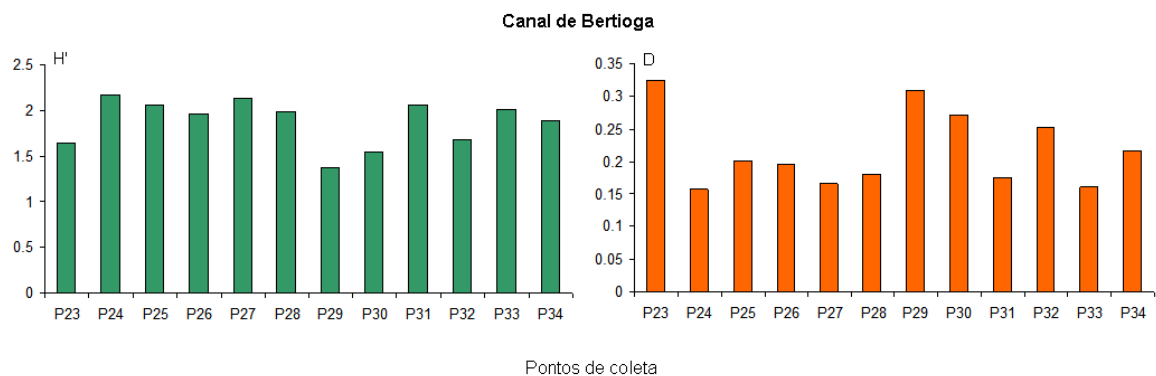


Figura 14.5.2-5. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o zooplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de Bertioga em maio de 2012.

Nas amostras coletadas em maio de 2012 a dominância dos Copepoda foi nítida, conforme mostra a Figura 14.5.2-6. Este padrão é comum em áreas estuarinas do Brasil (Neumann-Leitão, 1994/95), mas na campanha em análise a abundância de outros grupos holoplanctônicos foi extremamente baixa, com ocorrência significativa apenas de Larvacea (Appendicularia), conforme mostra a Figura 14.5.2-10. Este táxon foi também subdominante no levantamento realizado para o EIA-RIMA (FRF, 2008). Essa variabilidade na composição e na diversidade dos grupos holoplanctônicos decorre da própria dinâmica estuarina, em particular, das mudanças na circulação durante as diferentes fases da maré, que promovem uma alternância nos grupos dominantes conforme o grau de intrusão marinha ou de aporte continental. No caso do meroplâncton, números relativamente elevados foram obtidos nos pontos intermediários e internos do sistema estuarino, mas estes organismos foram muito menos abundantes do que os Copepoda (Figura 14.5.2-6).

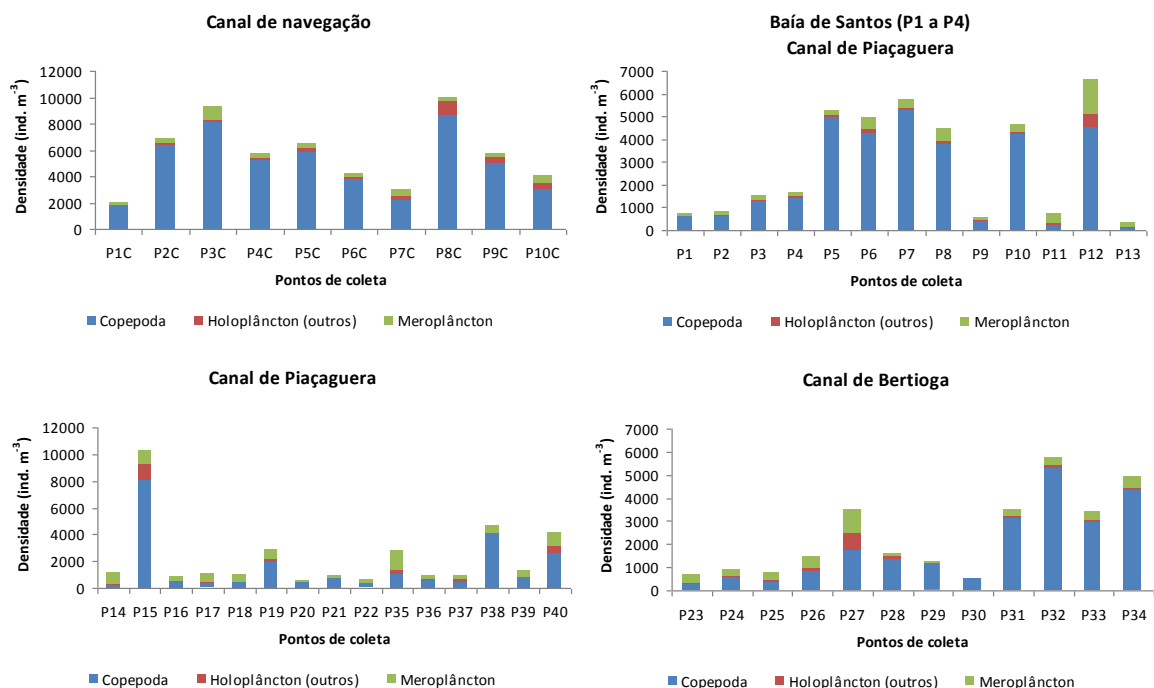


Figura 14.5.2-6. Abundância do zooplâncton (Copepoda, outros grupos do holoplâncton, e meroplâncton) nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em maio de 2012.

Entre os Copepoda, a ordem Calanoida foi dominante em quase todos os pontos, exceções sendo encontradas em alguns pontos mais externos do Canal de Piaçaguera (Figura 14.5.2-7). Em certos pontos a abundância de Calanoida foi pelo menos uma ordem de grandeza maior que as demais (Figura 14.5.2-7). Os calanóides foram caracterizados por altas abundâncias de duas famílias, Acartiidae e Paracalanidae (Figura 14.5.2-8), representadas principalmente pelas espécies *Acartia lilljeborgi*, *A. tonsa*, e *Parvocalanus crassirostris* e pelo gênero *Bestiolina*. A família Pseudodiaptomidae (*P. acutus*) foi numericamente importante nos pontos mais externos do sistema estuarino (Figura 14.5.2-8).

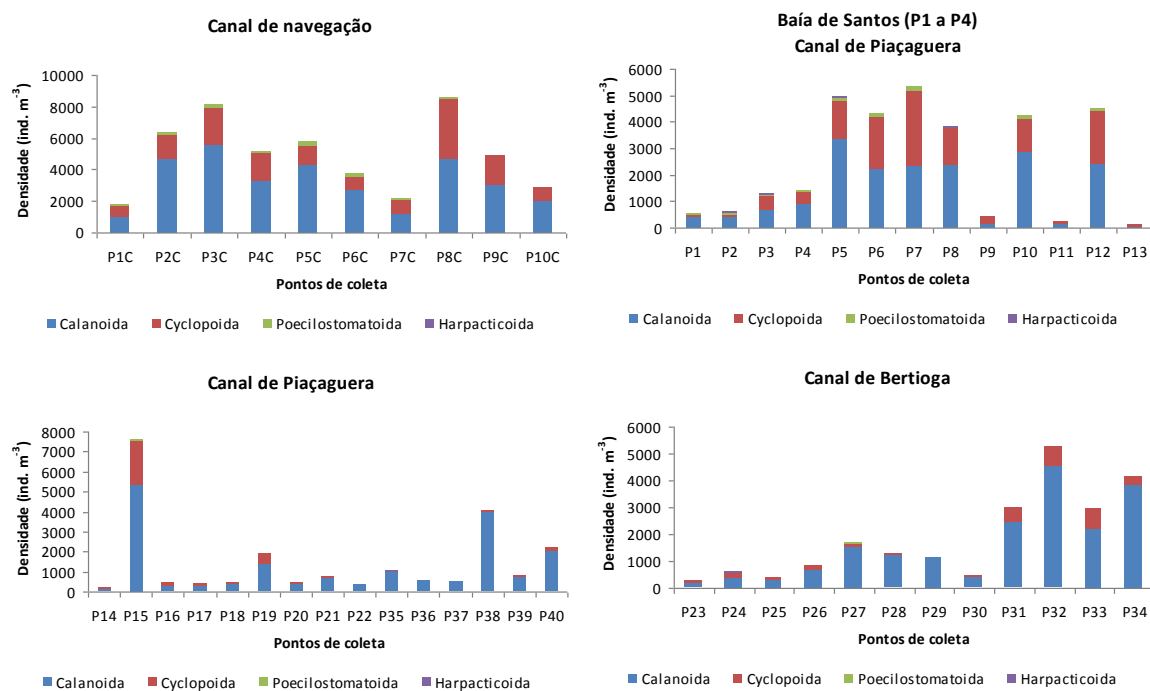


Figura 14.5.2-7. Abundância das ordens de Copepoda nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em maio de 2012.

No caso da ordem subdominante Cyclopoida, duas espécies foram numericamente importantes, *Oithona hebes* e *O. oswaldocruzi*, com o predomínio da primeira, exceto pelos pontos internos do Canal de Bertioga (Figura 14.5.2-9). A espécie *O. oculata* foi observada em alta abundância em alguns pontos do Canal de Piaçaguera e de Bertioga. Todas as espécies citadas são comuns em ambientes costeiros e estuarinos da costa sul-sudeste do Brasil (Lopes, 2007).

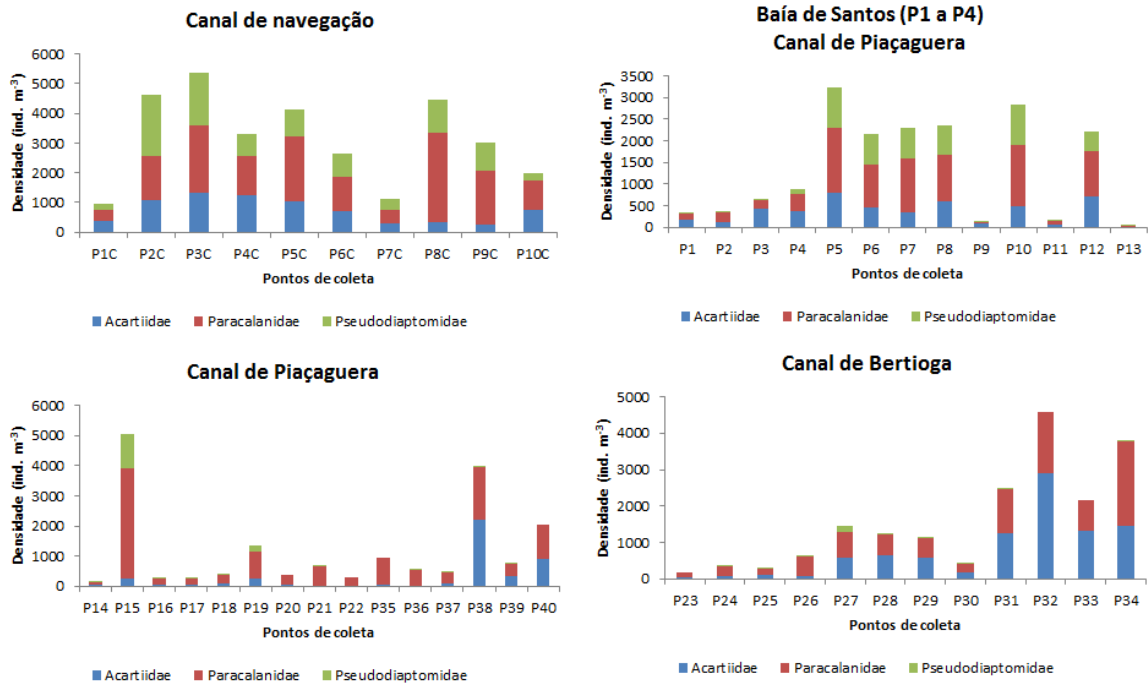


Figura 14.5.2-8. Abundância das famílias da ordem Calanoida (Copepoda) nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em maio de 2012.

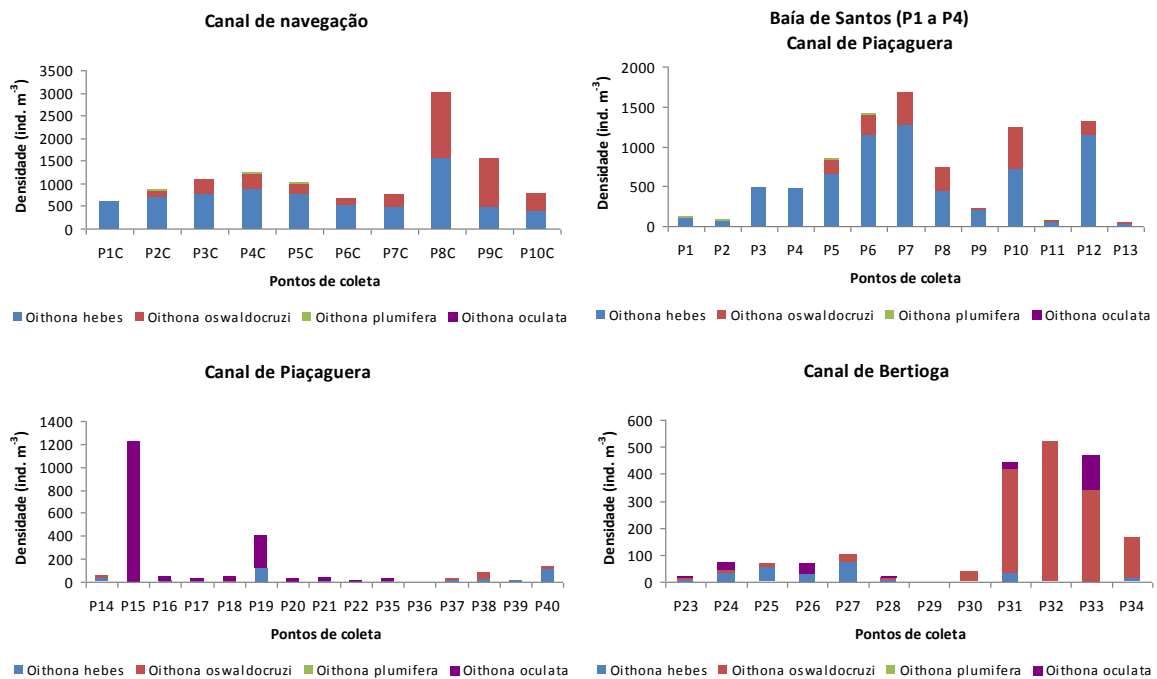


Figura 14.5.2-9. Abundância de *Oithona hebes*, *O. oswaldocruzi*, *O. plumifera* e *O. oculata* (Oithonidae: Cyclopoida) na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em maio de 2012.

Considerando as espécies dominantes de copépodes, *A. lilljeborgi*, *P. crassirostris* e *O. hebes* foram as mais abundantes nos setores com maior influência marinha, enquanto que em parte do Canal de Piaçaguera e do Rio Casqueiro, além do Canal de Bertioga, houve predomínio de espécies que indicam um ambiente com características oligohalinas, como *O. oswaldocruzi*.

Entre os grupos holoplânctônicos subdominantes, os Larvacea (Appendicularia), caracterizados pela presença de espécies do gênero *Oikopleura* (Tabela 14.5.2-1), superaram numericamente os demais grupos observados, em especial nas áreas meso- a oligohalinas do sistema estuarino (Figura 14.5.2-10).

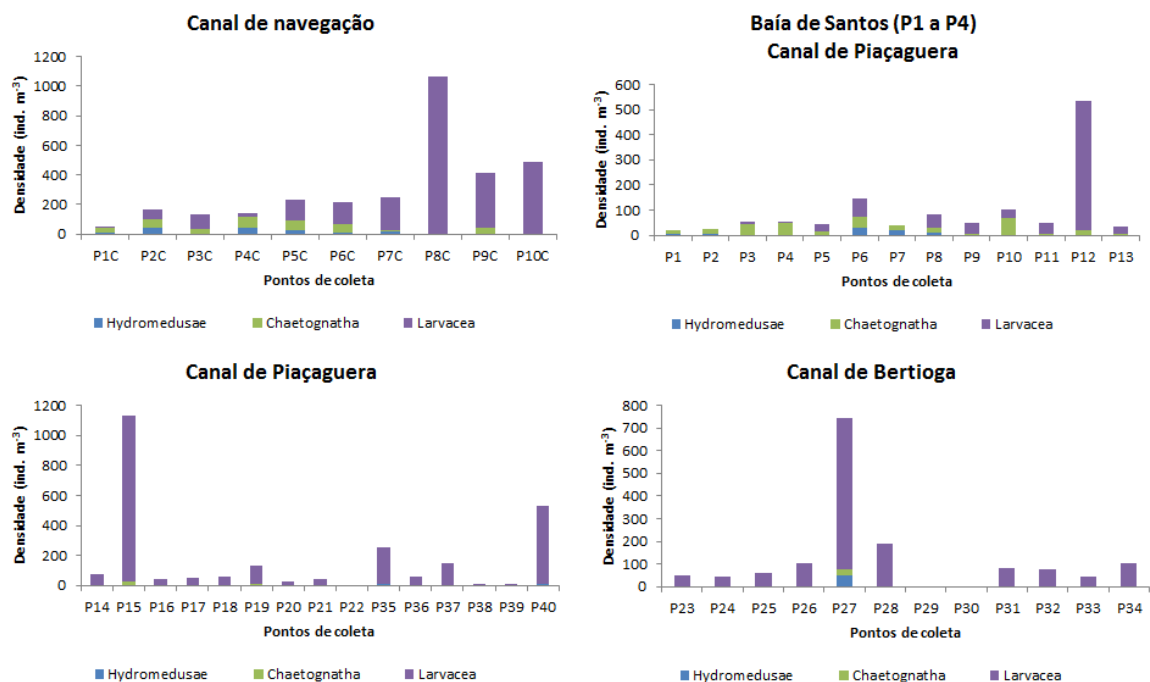


Figura 14.5.2-10. Abundância do holoplâncton (outros) nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em maio de 2012.

Com relação ao mero- e ticoplâncton (Figura 14.5.2-11), foi observada uma diversidade mais elevada de grupos nas áreas externas do estuário, porém nos setores meso- a oligohalinos o grupo dominante foi o dos Cirripedia. O segundo grupo meroplânctônico mais abundante foi os dos Mollusca (Gastropoda e Bivalvia), sendo que nesta campanha os Decapoda estiveram presentes em pequeno número na região da baía de Santos e do canal de navegação (Figura

14.5.2-11).

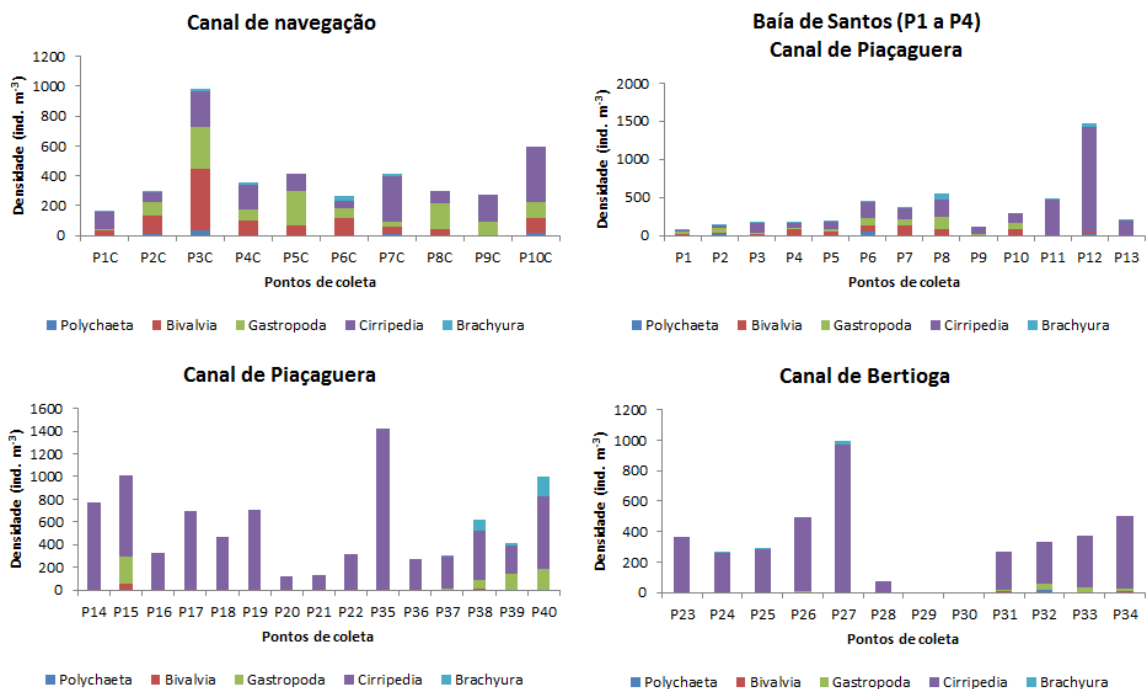


Figura 14.5.2-11. Abundância dos grupos do meroplâncton nos pontos de coleta no canal de navegação, Baía de Santos e setor externo do canal de Piaçaguera em maio de 2012.

Análise multivariada– Campanha de maio de 2012

A análise de ordenação N-MDS, realizada entre as 50 estações de coleta com base na raiz quadrada dos valores de densidade de 73 táxons (matriz reduzida), permitiu a separação das estações em quatro grupos (Figura 14.5.2-12). Os resultados do teste ANOSIM mostraram que todos os grupos formados são diferentes (Tabela 14.5.2-2).

Grupo A: Formado por 21 estações da Baía de Santos e Canal de navegação. Este foi o grupo mais diverso, com a ocorrência de 73 táxons, e densidade média de $3.364 (\pm 1.612) \text{ ind.m}^{-3}$. Amostras da parte inferior do diagrama foram menos abundantes que as da parte superior, variando de 1.581 ind.m^{-3} na estação P9C a um máximo de 7.849 ind.m^{-3} na P6C. Quatro táxons somaram 55% da densidade total: copepoditos dos gêneros *Acartia* e *Oncaea* e as espécies *Acartia lilljeborgi* e

Paracalanus quasimodo. Outros 40% foram representados por larvas de decápodes e cirrípedes, copepoditos de *Oithona* e *Pseudodiaptomus* e pelas espécies *Oikopleura (Vexillaria) dioica* e *Oithona hebes*. Os demais táxons foram frequentes, mas pouco abundantes.

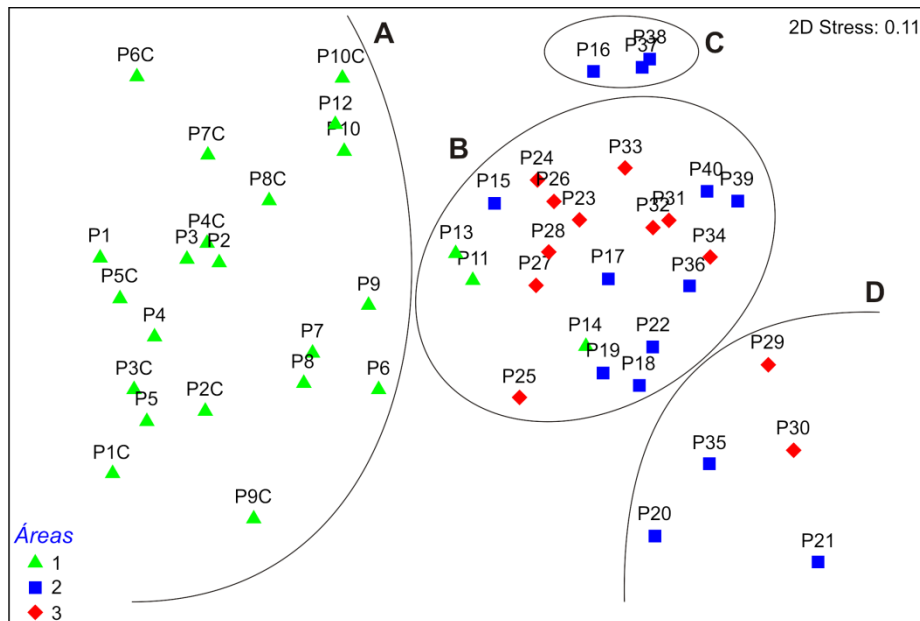


Figura 14.5.2-12. Análise de Ordenação N-MDS das 50 estações de coleta baseada na raiz quadrada dos valores de densidade dos táxons identificados e na similaridade de Bray-Curtis. Áreas: 1 – Baía de Santos e Canal de navegação; 2 – Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro; 3 – Canal de Bertioga.

Grupo B: Formado por 21 estações, 10 do Canal de Bertioga, 8 do Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro e 3 do Canal de Navegação. Densidade média de $1.207 (\pm 567) \text{ ind.m}^{-3}$. Ocorrência de 63 táxons, mas com alta dominância de copepoditos de *Acartia* e de adultos de *Acartia lilljeborgi* (76% da densidade total). Outros táxons abundantes foram larvas de cirrípedes, decápodes, gastrópodes e poliquetas, copepoditos de *Oithona* e *Pseudodiaptomus* e os copépodes *Acartia tonsa*, *Oithona oswaldocruzi* e *Bestiolina* spp. Os demais táxons foram pouco frequentes e abundantes.

Grupo C: Formado por 3 estações com composição de táxons semelhante ao grupo B, mas uniu as estações estuarinas com maiores valores de densidade

zooplanctônica (entre 3.808 e 4.794 ind.m⁻³), média de 4.315 (± 494) ind.m⁻³. Ocorrência de apenas 34 táxons.

Grupo D: Formado por 5 estações, de três regiões bem internas do estuário e duas localizadas próximas à Ilha de Piaçaguera, todas com baixos valores de densidade zooplanctônica (entre 85 e 419 ind.m⁻³), média de 248 (± 133) ind.m⁻³. Ocorrência de 45 táxons.

Tabela 14.5.2-2. Resultados do teste pareado ANOSIM realizado entre os grupos obtidos na Análise de Similaridade N-MDS. Valores significativos: < 5%.

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
A-B	0.86	0.1
A-C	0.94	0.2
A-D	0.99	0.1
B-C	0.58	0.1
B-D	0.80	0.1
C-D	0.92	1.8

R global: 0.801

Comparação entre as quatro campanhas

As duas campanhas de inverno foram as mais diferentes entre si (Figura 14.5.2-13 e Tabela 14.5.2-3), enquanto que as duas de verão (e também as de verão e inverno de 2011) foram as mais semelhantes. As amostras da campanha de inverno de 2010 ficaram mais unidas na análise, mostrando que a composição e densidade das amostras foram mais semelhantes entre si, quando comparadas às demais campanhas. As estações P1 e P2 das campanhas do inverno de 2010 e verão de 2011 ficaram mais afastadas, provavelmente devido à presença da espécie holoplanctônica *Thalia democratica*, encontrada na Baía de Santos.

Tabela 14.5.2-3. Resultados do teste pareado ANOSIM realizado entre as quatro campanhas. Valores significativos: < 5%.

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
Ver_10 - Inv_10	0.59	0.1
Ver_10 - Ver_11	0.42	0.1
Ver_10 - Inv_11	0.56	0.1
Inv_10 - Ver_11	0.51	0.1
Inv_10 - Inv_11	0.67	0.1
Ver_11 - Inv_11	0.44	0.1

R global: 0.531

Áreas 1, 2 e 3

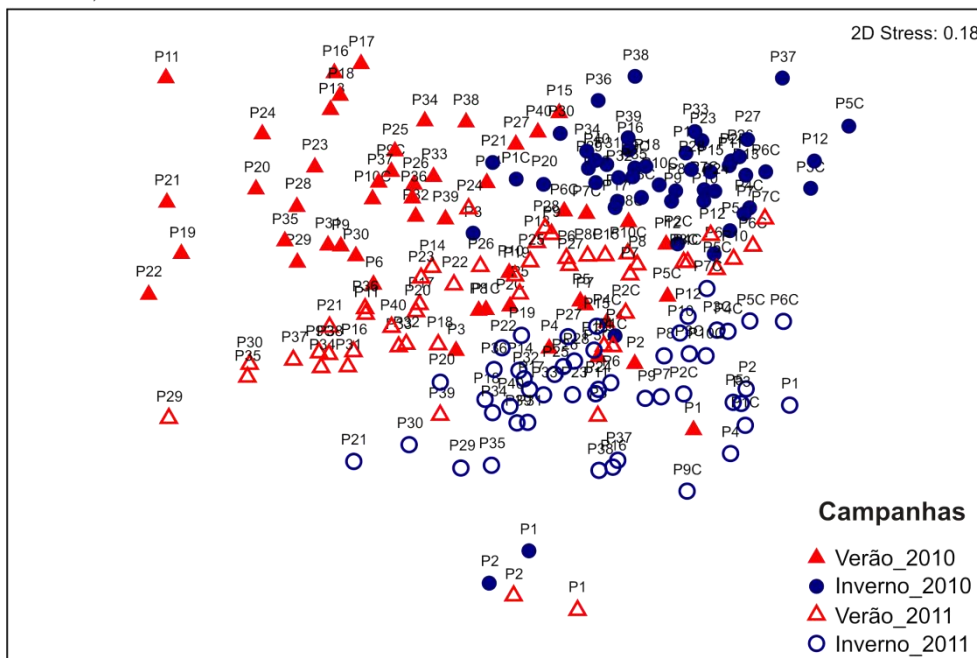


Figura 14.5.2-13. Análise de ordenação N-MDS entre as 200 amostras coletadas nas campanhas de verão e inverno de 2010 e 2011, considerando as três áreas de amostragem, baseada na raiz quadrada dos valores de densidade de 68 táxons identificados (matriz reduzida: AR > 0,01% e FO ≥ 8%) e na similaridade de Bray Curtis.

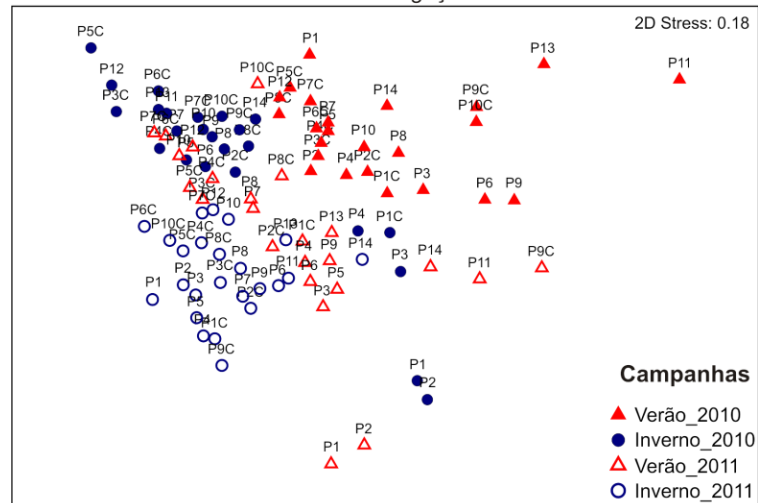
Em termos espaciais, com base na Tabela 14.5.2-4 e Figura 14.5.2-14, nota-se que a área 3 foi a que apresentou maior diferença na composição e densidade zooplanctônica entre as quatro campanhas e que a área 1 foi a mais semelhante entre as campanhas. Este resultado sugere que as áreas mais internas do

sistema estuarino são mais sujeitas à variabilidade ditada pelas mudanças de marés e de aporte de água continental.

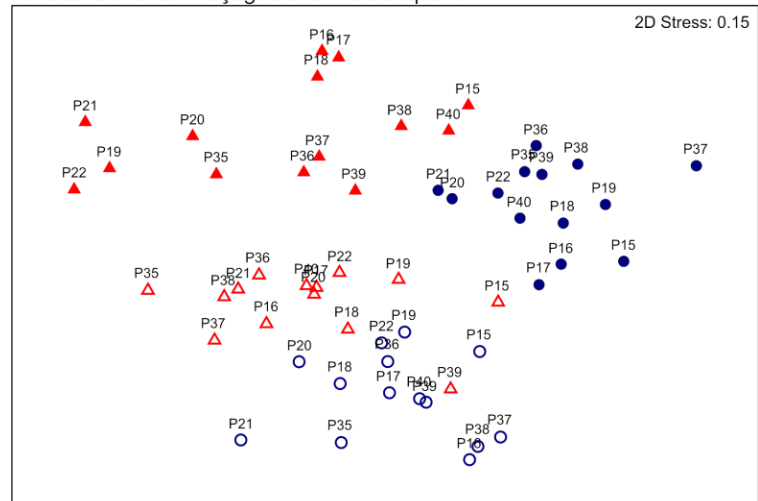
Tabela 14.5.2-4. Resultados do teste pareado ANOSIM realizado entre as quatro campanhas das áreas 1, 2 e 3. Todos os valores de p foram significativos.

Grupos	R estatístico		
	Área 1	Área 2	Área 3
Ver_10 - Inv_10	0.537	0.702	0.933
Ver_10 - Ver_11	0.523	0.642	0.587
Ver_10 - Inv_11	0.710	0.804	0.987
Inv_10 - Ver_11	0.377	0.897	0.822
Inv_10 - Inv_11	0.654	0.917	0.991
Ver_11 - Inv_11	0.523	0.712	0.699
R global:	0.548	0.769	0.851

Área 1: Baía de Santos e canal de navegação



Área 2: Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro



Área 3: Canal de Bertioga

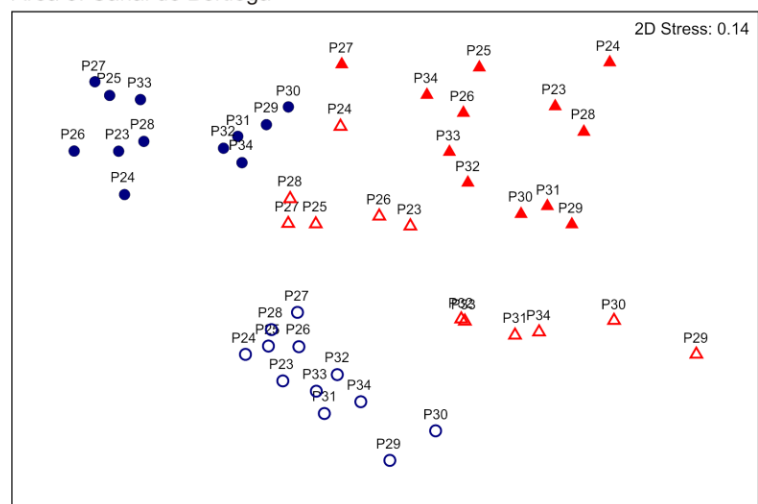


Figura 14.5.2-14. Análises de ordenação N-MDS realizadas entre as amostras das quatro campanhas obtidas nas áreas: 1 – Baía de Santos e Canal de navegação; 2 – Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro; 3 – Canal de Bertioga nas campanhas de verão e inverno de 2010 e 2011.

14.6. Considerações Finais

Como observado na campanha de primavera (novembro de 2011), a comunidade fitoplanctônica foi composta principalmente, por espécies características de águas marinhas costeiras e estuarinas. As espécies de água doce ficaram restritas aos pontos de coleta localizados no Largo do Canéu, com salinidades inferiores a 20.

Margalef (1978), em sua clássica Mandala, estabelece cenários onde distintas concentrações de nutrientes e turbulência levam ao predomínio de diatomáceas, em condições de alta turbulência e altas concentrações de nutrientes, ou de dinoflagelados (microplanctônicos considerados K estrategistas), em condições de maior estabilidade da coluna de água e disponibilidade de nutrientes. Entretanto, na Mandala, o fator penetração de luz na coluna de água não é considerado. Estudos posteriores (Reynolds e Smayda, 1998; Cullen e MacIntyre, 1998; Boyd *et al.*, 2010), utilizando como base a clássica Mandala, consideram a composição diversificada da comunidade fitoplanctônica como a habilidade destes organismos de se adaptarem à distintas condições de luz e nutrientes, considerando, portanto, aspectos fisiológicos funcionais tanto de grandes grupos taxonômicos quanto espécie-específicos.

Segundo Cullen e MacIntyre (1998), as espécies seriam divididas em distintos grupos funcionais, como por exemplo: *mixers* e *layer formers*; os primeiros suportariam maior variação na disponibilidade de luz em um curto período de tempo, enquanto os outros, em um ambiente estratificado, seriam favorecidos por uma maior permanência em determinadas profundidades que favoreceriam o ótimo de crescimento em condições específicas de luz e nutrientes (espécies com distintas constantes de meia saturação K_s para nutrientes e eficiências de absorção de luz- determinadas pelo parâmetro alfa estabelecido em curvas PxE). Reynolds e Smayda (1998), em estudo semelhante, também classificam o fitoplâncton de forma funcional e caracterizam espécies adaptadas às condições mais transitórias de luz e nutrientes como espécies ruderais, estas tendo maior relação superfície/volume, otimizada por suas formas alongadas.

Na campanha de maio de 2012, a alternância na dominância de diatomáceas e dinoflagelados pode estar associada às distintas taxas de

crescimento e desenvolvimento destes organismos e com a estratificação halina. Os dinoflagelados geralmente aumentaram a sua contribuição relativa em condições de forte estratificação halina, entretanto, outros grupos com formas alongadas, como euglenófitas, cianobactérias e diatomáceas penadas foram igualmente importantes no sistema, caracterizando, assim, as denominadas comunidades de espécies ruderais (Reynolds e Smayda, 1998). A contribuição das diatomáceas penadas com rafe e a presença de gêneros de dinoflagelados bentônicos (algumas espécies da ordem Prorocentrales) e cistos de dinoflagelados (veja Anexo 14.10-2), em vários pontos do sistema estuarino, podem estar associadas à ressuspensão por dragagem ou passagem de embarcações, assim como o transporte entre as áreas sob maior e menor influência destas ações.

A distribuição espacial das espécies dentro do sistema estuarino foi determinada pela interação entre a salinidade, circulação e profundidade local. Da Baía de Santos até as estações do Canal de Santos, a salinidade variou pouco, sugerindo uma mesma massa de água. As maiores variações foram observadas na porção interna e a salinidade novamente aumentou em áreas do Canal de Bertioga e São Vicente. Outro fator que contribuiu como indicador do aporte de águas marinhas nessas áreas foi a variação na contribuição de cocolitoforídeos, que foi maior na Baía de Santos e decaiu até o interior do sistema estuarino, voltando novamente a aumentar pouco no canais de Bertioga e São Vicente.

Na campanha de maio de 2012, os índices de diversidade e equitatividade foram semelhantes aos observados para a região por outros autores (Frazão, 2001; Ancona, 2007), entretanto, estes foram inferiores aos observados para outras regiões costeiras com menores índices de eutrofização (Ubatuba e Praia Grande, Frazão, 2001).

Embora eventos de florescimento sejam comuns em estuários, vale ressaltar que na campanha de maio de 2012 não ocorreram florações. Entretanto, a presença de diatomáceas do complexo *Pseudo-Nitzschia seriata* (espécies potencialmente produtoras de toxinas ASP) e espécies de dinoflagelados da ordem Prorocentrales (potencialmente produtoras de toxinas DSP) e da ordem

Gymnodiniales (possui espécies potencialmente produtoras de brevetoxinas, entre outras) é preocupante e merece monitoramento.

Densidades de espécies de diatomáceas do complexo *Pseudo-Nitzschia seriata* entre 10^3 a 10^4 cel/L são elevados e, caso houvesse produção de toxinas, as densidades de organismos observadas seriam suficientes para acumular toxinas em moluscos (Mafra-Junior *et al.*, 2006). Florações de *Pseudo-Nitzschia* spp. foram observadas no estudo de Masuda *et al.* (2011) e Moser *et al.* (2012) na Baía de Santos e Canal estuarino de Santos.

Assim, os resultados obtidos nesta Campanha de maio de 2012 (outono) diferiram daqueles apresentados para a campanha de novembro de 2011 (primavera). Como observado nas campanhas de verão e inverno de 2010, as amostras coletadas na Baía e no Canal de Santos foram significativamente distintas daquelas coletadas no interior do sistema estuarino, ao contrário da campanha da primavera de 2011, mostraram similaridades. Como justificado no 4ª Relatório Consolidado, esta similaridade provavelmente se deve à maior influência das águas mais salinas desde o Canal de Santos até as estações internas, o que parece não ter ocorrido nesta campanha. Entretanto, os resultados apontam maiores salinidades para as estações do interior do Canal não influenciadas diretamente pela desembocadura dos tributários (individualização do grupo localizado no Largo do Canéu, com maior influência de água doce) e semelhanças na comunidade fitoplanctônica quando comparadas às estações que apresentaram maiores valores de salinidade no Canal de São Vicente, o que pode ter sido influenciado pela maré no momento de coleta e influência de correntes através do canal de comunicação (Rio Casqueiro) entre a porção interna do sistema e o Canal de São Vicente.

A semelhança entre as comunidades fitoplanctônicas das estações da Baía de Santos e do Canal de Santos, mesmo as mais internas, pode ser consequência do aumento da profundidade pela dragagem do Canal de Santos, como apontado na campanha de primavera realizada em 2011, quando esta influência foi observada até as estações mais internas.

Em relação à comunidade zooplanctônica, a campanha de maio de 2012 no sistema estuarino de Santos-Bertioga confirmou as observações reportadas em

campanhas anteriores. O zooplâncton deste ambiente é dominado por uma comunidade típica de ambientes estuarinos, dominada por espécies de copépodes marinho-eurihalinas e, secundariamente, por espécies oligohalinas. Estas últimas tiveram importância para a composição e a densidade do zooplâncton somente durante os períodos de verão, de maior pluviosidade, ou seja, quando o aporte de água continental no estuário é mais intenso. Várias espécies de copépodes e de cladóceros oligohalinas e de água doce foram detectadas pela primeira vez neste complexo estuarino, com maiores abundâncias na fase de pré-dragagem. As larvas meroplanctônicas, representadas principalmente por náuplios de cirripédios e zoeas de braquiúros, foram mais abundantes no inverno, com valores menos relevantes no verão, primavera e outono, como no caso da campanha aqui reportada.

Os dados obtidos na campanha de maio de 2012 foram comparáveis com os resultados do EIA-RIMA (FRF, 2008) em relação à abundância total do zooplâncton e à dominância de Copepoda, seguidos por Larvacea. Ressaltamos que, ao contrário do afirmado no EIA-RIMA, não existe uma base científica para a utilização de larvas de anelídeos poliquetas como organismos indicadores de poluição e de indivíduos do subfilo Urochordata (ou seja, Larvacea) como bioindicador de boa qualidade ambiental. Este tipo de avaliação deve ser baseado na análise conjunta dos parâmetros da comunidade zooplanctônica e não pela presença e abundância de certos grupos taxonômicos isolados. Na realidade, as maiores abundâncias de meroplâncton em estuários estão normalmente associadas aos aportes continentais (fluxo estuário – mar) enquanto que as maiores abundâncias de Larvacea e de outros grupos marinhos-eurihalinos ou marinho-estenohalinos (como Thaliacea) estão mais associados aos aportes marinhos (fluxo mar – estuário). Desta forma, a ocorrência alternada de dominância desses grupos reflete muito mais o movimento das marés e a influência do aporte continental do que a ocorrência de impactos antropogênicos.

A amostragem espacial e temporal dessa comunidade biológica, conforme executada nesse Programa, foi útil para a aquisição de dados de base para a caracterização da composição, da diversidade e da abundância dos diferentes grupos taxonômicos em amplos setores do sistema estuarino de Santos-Bertioga.

Este é um aspecto muito relevante do monitoramento porque, apesar da importância socioeconômica da Baixada Santista para o país, ainda pouco se conhecia sobre a estrutura da comunidade zooplanctônica na região. No entanto, a dinâmica zooplanctônica estuarina é governada por várias outras escalas de variabilidade além da sazonal (ciclo de marés, mudanças nictemerais, migração vertical ativa, passagem de frentes frias, entre outras) associadas às escalas de variação das correntes estuarinas. Deste modo, a avaliação do efeito do transporte de sedimentos mobilizados pela atividade de dragagem sobre a diversidade e a abundância do zooplâncton deverá ser complementada, em monitoramentos futuros, por abordagens amostrais acopladas com as escalas de variabilidade citadas.

14.6.1. Recomendações

Conforme apontado no presente relatório, os estudos sobre plâncton no sistema estuarino de Santos proporcionaram um levantamento detalhado da composição específica e da variabilidade espacial das comunidades fito- e zooplanctônicas em dois períodos sazonais, geralmente verão e inverno. Apesar da relevância dos dados adquiridos, as escalas espaciais e temporais abordadas ao longo do monitoramento foram insuficientes para o fornecimento de respostas concretas acerca dos eventuais efeitos da atividade de dragagem sobre estas comunidades. Duas ações principais poderiam ser consideradas em futuros projetos de monitoramento a fim de contornar essa situação.

Em primeiro lugar, as amostragens deverão ser especialmente mais adensadas junto às áreas sendo dragadas durante as campanhas sazonais.

Os parâmetros ambientais e as amostras de plâncton devem ser coletados em diferentes estratos da coluna de água, mesmo que isso leve à diminuição da cobertura horizontal em maior escala espacial. No mínimo um ponto amostral deverá estar localizado no interior da pluma de ressuspensão da dragagem e outro fora desta.

A segunda grande ação a ser conduzida de forma complementar a coleta já realizada se refere à instalação de sistemas autônomos de coleta de dados

ambientais e de plâncton. Estas plataformas de observação deverão incluir sensores tradicionalmente utilizados na oceanografia física, além de sensores para variáveis químicas e biológicas (por exemplo, detectores de fluorescência, contadores de partículas, câmeras submersíveis para detecção de plâncton *in situ*). As plataformas poderão incluir fundeios de equipamentos, porém devido à dinâmica do processo de dragagem, o uso de veículos autônomos (AUVs) poderá se mostrar mais viável, pois não demandará a alocação de zonas de exclusão de navegação e da própria dragagem. Existe tecnologia nacional disponível para estudos com AUVs e sensores acoplados, com relação custo/benefício altamente favorável quando se observa a qualidade das informações que podem ser geradas com esses equipamentos.

14.7. Cronograma

O programa de monitoramento das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas ocorreu no período de 27 meses, contemplando os períodos de verão e inverno.

O cronograma de trabalho específico para o monitoramento da comunidade planctônica está resumido conforme Tabela 14.7-1.

Tabela 14.7-1. Cronograma de atividades.

Atividade	2010												2011												2012		
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar
Programa 14																											
Mobilização	■																										
Plano de Trabalho	■																										
Coletas e Atividades de Campo	■																										
Triagem das Amostras		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■															
Identificação dos organismos																											
Elaboração de Relatórios Semestral																											

14.8. Referências Bibliográficas

Balech, E.; Akselman, R.; Benavides, H.R. & Negri, R.M. 1984. Suplemento a los dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental. Revista de Investigation y desarrollo pesquero, 4: 5-20.

- Bicudo, C.E.M & Menezes, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. Rima Editora, 498 p.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplâncton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar del Plata, 936 p.
- Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic zooplankton. Vol. 1 e 2. Backhuys Publishers, The Netherlands, 1706 p.
- Brandini, F.P.; Lopes, R.M.; Gutseit, K.S.; Spach, H.L. & Sassi, R. 1997. Planctonologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica. MMA, FEMAR, Rio de Janeiro, 196 p.
- Caljon, A. 1983. Brackish-water phytoplankton of the Flemish lowland. Dr. W. Junk Publishers. Developments in hydrobiology, 18: 272 p.
- Chan, U.T. & Hamilton, D.P. 2001. Effect of freshwater on the succession and biomass of phytoplankton in a seasonal estuary. Marine and Freshwater Research, 52(6): 869-884.
- Coquemala, V. 2005. Variação anual do fitoplâncton do reservatório de Passaúna, Paraná. Dissertação de Mestrado, Universidade do Paraná, Paraná, 92 p.
- Dodge, J.D. 1982. Marine Dinoflagellates of the British Isles. Her Majesty's Stationery Office, London, 303 p.
- Elster, H.J. & Ohle, W. 1983. Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der limnologie und ihren Nachbargebieten. Stuttgart. Band XVI, 7. Teil, 1. Hälfte. 1044 p.
- Ferreira, J.G; Wolff, W.j; Simas, T.C. & Bricker, S.B. 2005. Does biodiversity of estuarine phytoplankton depend on hydrology? Ecological Modelling 187: 513-523p.
- Frazão, L.R. 2001. Eutrofização por esgotos domésticos e sua relação com a ecologia e fisiologia do fitoplâncton marinho no litoral do Estado de São Paulo: Ubatuba, Praia Grande e Santos. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 158 p.

- FRF- Fundação Ricardo Franco 2008. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): projeto de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, Santos, SP. São Paulo.
- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2010a. Primeiro Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS-0618-140910. Fundespa, São Paulo, 1447 p.
- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2010b. Segundo Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS-1118-140611. Fundespa, São Paulo, 1555 p.
- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2011. Terceiro Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS-071011. Fundespa, São Paulo.
- Hallegraef, G.M. & Reid, D.D. 1986. Phytoplankton species successions and their hydrological environment at coastal station off Sydney. *Australian Journal of Marine & Freshwater Research*, 37: 361-377.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers Inc., California, 620 p.
- Lacerda, L.D.; Carvalho, C.E.V. & Gomes, M.P. 1989. Nota sobre a distribuição de Mn, Zn e Cu em siris da Baía de Sepetiba. *Revista Brasileira de Biologia*. 49(3): 847-849
- Margalef, R. 1978. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in unstable environment. *Oceanologica Acta* 1: 493-509 p.
- Miotto, M.C. 2011. Morfologia, distribuição e toxicidade de *Alexandrium fraterculus* (Balech) Balech, na Costa de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade de Itajaí, SC. 43 p.
- Miranda, L.B.; Castro, B.M. & Kjerfve, B. 2002. *Princípios de oceanografia física de estuários*, EDUSP, São Paulo, 414 p.

- Moser, G.A.O. 2002. Aspectos da eutrofização no sistema estuarino de Santos: distribuição espaço-temporal de biomassa e produtividade primária fitoplanctônica e transporte instantâneo de sal, clorofila-a, material em suspensão e nutrientes. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2 vols. 410 p.
- Moser, G.A.O.; Ciotti, A.M; Gianini, M.F.C; Tonini, R.T & Harari, J. 2012. Changes in phytoplankton composition in response to tides, wind-induced mixing conditions and Freshwater outflows in as urbanized estuarine complex. *Brazilian Journal of Biology* 72(1).
- Motoda, S. 1959. Devices of simple plankton apparatus. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 7: 73-94.
- Neumann-Leitão, S. 1994. Resenha literária sobre zooplâncton estuarino no Brasil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, 23: 25-53.
- Omachi, C.Y; Tamanaha, M.S e Oliveira Proença, L.A. 2007. Bloom of *Alexandrium fraterculus* in coastal waters off Itajaí, SC, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 55(1): 51-61p.
- Omori, M. & Ikeda, T. 1984. *Methods in marine zooplankton ecology*. Wiley-Interscience Publication, New York, 331 p.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27: 379-423.
- Silva, M.H.; Silva-Cunha, M.G.G; Passavante, J.Z.O; Silva Grego, C.K & Muniz, K. 2009. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta bot. bras.* 23(2): 355-368p.
- Thomas, C.R. 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, New York, 858 p.
- Todd, C.D.; Laverack, M.S. & Boxshall, G. 1996. *Coastal marine zooplankton: A practical manual for students*. Cambridge University Press, Cambridge, 116 p.
- Utermöhl, H. 1931a. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. *Verh Internat Verein Theor Angew Limnol*, 5 : 567-596p.

Utermöhl, H. 1931b. Über das Umgekehrte Mikroskop., Archives of Hydrobiology, 22: 643-645p.

Vidotti, E.C. & Rollemberg, M. do C.E. 2004. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química. Revista Química Nova, 27(1): 139-145.

14.9. Equipe Técnica

Dr. Salvador Airton Gaeta

Dr. Rubens Mendes Lopes

Paula Duran Nagata Perugino - Oceanógrafa

Rafael Rugna Ciglione – Oceanógrafo

Newton Dalessandro - Biólogo

14.10. Anexos

- Anexo 14.10-1. Lista de organismos fitoplanctônicos encontrados na 4ª Campanha, realizada em maio de 2012.
- Anexo 14.10-2. Lista de organismos zooplanctônicos encontrados na 4ª Campanha, realizada em maio de 2012.

ANEXO 14.10-1. LISTA DE ORGANISMOS FITOPLANCTÔNICOS
ENCONTRADOS NA 4ª CAMPANHA, REALIZADA EM MAIO DE 2012.

ANEXO 14.10-2. LISTA DE ORGANISMOS ZOOPLANCTÔNICOS
ENCONTRADOS NA 4ª CAMPANHA, REALIZADA EM MAIO DE 2012.